N° 24 31 DÉCEMBRE 1934

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : Louis OLIVIER (1890-1910) — Directeur : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

Directeur : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris.


## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Sciences médicales.

#### L'humidité de l'air et la maladie.

La météoro-pathologie, qui est actuellement à l'honneur et qui étudie les réactions de l'organisme humain aux divers changements du milieu dans lequel il vit, comprend des chapitres nombreux parmi lesquels il faut compter celui des influences exercées par les variations de l'humidité atmosphérique. Et dès l'abord deux réflexions s'imposent. La première est que ce chapitre est fort difficile — ainsi que les autres d'ailleurs — à étudier séparément. Les éléments du milieu s'associent non pas deux par deux ou trois par trois, mais tous simultanément pour agir sur la physiologie de l'homme et par conséquent sur sa pathologie qui, pour parler comme Claude Bernard, n'est que de la physiologie déviée. Nous reviendrons un peu plus loin sur ce point. La seconde est que dans cette étude tout n'est pas nouveau, loin de là. Depuis qu'il y a des hommes et qui souffrent du froid, du chaud, de la sécheresse et de l'humidité, ils ont bien été obligés d'enregistrer les inconvénients, comme les avantages, qui résultent pour eux de ces alternatives. Il serait facile de remonter jusqu'à Hippocrate, père de la médecine, pour démontrer le bien-fondé de cette façon de voir. Ce qui est vraiment d'aujourd'hui, mis à part les mots les plus savants avec lesquels nos contemporains s'expriment, c'est l'explication que l'on tente de ces influences. Autrefois on les enregistrait le plus souvent sans aller plus avant; à l'heure présente, on s'efforce d'en pénétrer le mécanisme.

L'application de ces réflexions au sujet qui nous occupe aujourd'hui est des plus aisées. Il est de notion banale que l'humidité de l'air jointe au froid est une cause morbide indiscutable et toute la pathologie, depuis le chapitre du rhume de cerveau, a enregistré cette vérité première. L'opinion publique, en tout cas, est là-dessus à peu près unanime. Or il n'est pas douteux qu'en cette matière la *vox populi* ne revête une valeur réelle, car elle concrétise une expérience multiséculaire. Les recherches les plus savantes n'ont garde de s'élever contre ses dires; elles s'efforcent de creuser le problème et de ne se contenter pas du *post hoc, propter hoc*.

Nous constatons donc déjà que ce n'est pas l'accroissement de l'humidité atmosphérique seule dont la responsabilité puisse être mise en évidence en pareille matière. Il convient, avons-nous dit, de tenir compte de l'action du froid. Dans d'autres circonstances, ce sera celle de la chaleur qu'il faudra y associer ou encore celle de la dépression barométrique, car il a été démontré que l'influence nocive de celle-ci augmente avec le degré hygrométrique de l'atmosphère. D'autres invoqueront avec raison les variations du champ électrique et nous nous trouverons ainsi en présence d'un complexe dont il faudrait scruter tous les éléments et leurs interactions pour atteindre à la vérité absolue.

Ceci n'empêche qu'il soit légitime de faire autant que possible la part de chacun des constituants de ce complexe. On pourra ainsi faire état d'une opinion souvent exprimée par les auteurs les plus qualifiés et qui veut que l'humidité renforce l'influence du milieu ambiant en provoquant une meilleure conductibilité de l'air, et en conséquence un contact plus intime de l'organisme avec le milieu qui l'entoure. Il se peut qu'en mainte circonstance ce soit le froid qui constitue l'élément nuisible principal, mais le froid sec n'aurait pas les mêmes périls que celui

qui ne l'est pas. De même la chaleur humide est-elle plus défavorable à notre santé que la chaleur sèche pour la raison alléguée d'abord et ensuite parce que l'humidité atmosphérique accrue entrave l'évaporation cutanée et pulmonaire qui est un moyen énergique de lutte que notre corps emploie contre les hausses de la température.

On pourrait faire remarquer que ces notions, qui sont en elles-mêmes de tout temps, établissent une liaison entre la médecine d'autrefois (celle d'avant Pasteur) qui attribuait au froid tant de méfaits et celle d'aujourd'hui qui rapporte un si grand nombre de phénomènes morbides à la présence des microbes. L'une et l'autre ont raison. Les microbes, à n'en pas douter, sont les agents directs de beaucoup de maladies, mais, étant donné leur pullulation et d'autre part que beaucoup d'entre eux vivent en nous sans nous causer, à l'accoutumée, le moindre mal, il est nécessaire, pour expliquer leur action malfaisante, d'invoquer une autre raison qui est justement, en beaucoup de circonstances, l'influence du froid. Celui-ci, a-t-on dit, par les variations de pression du sang qu'il détermine dans la circulation périphérique (celle de notre peau, exposée en premier lieu aux actions extérieures) et corrélativement dans la circulation profonde, met l'organisme qui subit ses atteintes en état de résistance moindre et permet l'assaut victorieux des germes qui ne se heurte plus qu'à une défense affaiblie. D'autres ont fait état de ce que la virulence des microbes serait exaltée par le froid et que cette exaltation ferait de dangereux ennemis de micro-organismes qui jusque-là se tenaient bien tranquilles. Les recherches récentes semblent démontrer que c'est surtout (nous le verrons tout à l'heure) l'humidité qui doit endosser la responsabilité de ce renforcement de virulence. Ainsi pouvons-nous faire, au moins de temps en temps, le départ entre la valeur des influences dont l'association a les résultats que nous observons.

Ces acquisitions peuvent toutefois paraître encore bien superficielles, sinon un peu vagues. Nous avons mieux que cela à offrir à ceux qui désirent savoir. Il est, dans l'histoire des maladies infectieuses, des faits qui demandaient des investigations plus approfondies. On a constaté, en effet, que quelques-unes d'entre elles semblent se répandre avec d'autant plus de facilité que le degré hygrométrique de l'air est plus élevé. C'est ainsi que Compton a montré que les cas de méningite cérébro-spinale apparaissent toujours dans des périodes où la courbe de l'humidité atmosphérique passe par un maximum en même temps que la courbe de la température passe par un minimum. D'autre part, Andriakos a noté qu'à Athènes tout au moins, la morbidité des accouchées et leur mortalité augmentent ou diminuent parallèlement au degré de l'humidité atmosphérique. De même encore Meidinger admet-il que la marche ascendante de la morbidité par rougeole croît avec la variation identique de l'état hygrométrique pendant les premiers mois de l'année jusqu'en mai. Il fait la même remarque au sujet de la diphtérie dont le minimum s'observe en septembre-octobre quand la courbe hygrométrique descend. On pourrait faire état de constatations semblables pour beaucoup de maladies infectieuses, et on établirait qu'elles sont en grand nombre sensibles à ces variations de l'humidité de l'air. Sont-ce là des phénomènes que l'on puisse expliquer?

Ici il faut faire intervenir les recherches si intéressantes de M. Trillat, qui a projeté sur ce sujet une lumière toute nouvelle. L'éminent chercheur de l'institut Pasteur a rappelé d'abord que la vapeur d'eau dont l'air est chargé ne se condense pas toujours sous une forme directement perceptible à nos sens comme le seraient le brouillard et la pluie. Elle constitue des gouttelettes très fines auxquelles M. Langevin attribue un volume infinitésimal puisqu'il serait inférieur parfois à un cent millième de millimètre cube. Il en est évidemment de plus grosses, mais d'importance très médiocre encore. Les unes et les autres représentent, dit M. Trillat, à l'égard des microbes qui sont toujours en abondance dans l'atmosphère et dont beaucoup sont, par nature, pathogènes, c'est-à-dire dangereux pour nous, des asiles, des nids où ils vivent volontiers, et on peut même se demander si ce ne sont pas eux — et les poussières inorganiques de l'atmosphère — qui réalisent le noyau de ces gouttelettes, lesquelles sont déjà une forme au moins primordiale de condensation. Et non seulement les germes se maintiennent en vie en ce milieu, mais ils s'y nourrissent et, quand ils sont virulents, exaltent cette virulence, parce qu'ils y trouvent un milieu nutritif qui leur convient fort, milieu dont les constituants sont représentés par les gaz provenant de la respiration des êtres vivants et par ceux qui s'exhalent des organismes en décomposition. M. Trillat leur a donné fort légitimement le nom de gaz-aliments.

Voici donc les microbes encagés, si l'on peut dire, dans ces miniatures d'aquariums. Ceux-ci ont un sort différent suivant leur importance. Les gouttelettes les plus lourdes ont tendance à tomber sur place; les plus légères diffusent au loin et d'autant plus aisément que l'atmosphère est plus chargée d'humidité, par conséquent moins aisée à traverser pour des poids légers. Ainsi les germes peuvent-ils être emportés à une certaine distance et y trouver des organismes où perpétrer ce qu'avec notre égoïsme d'hommes nous sommes forcés d'appeler leurs méfaits.

Ce n'est pas tout. L'humidité permet aux microbes de traverser des substances qui à l'état sec auraient été pour eux de redoutables obstacles et de se répandre avec aisance dans les différents appareils de l'organisme où ils se sont arrêtés. M. Trillat a établi par d'ingénieuses expériences que des gouttelettes de culture d'un bacille banal pénètrent en quelques minutes dans toutes les parties des poumons du cobaye qui les inhale, alors que des poussières riches en microbes, mais sèches, inhalées de la même façon, ne pénètrent nullement, l'expérience durât-elle un quart d'heure. Evidemment nos anciens ne savaient pas tant de choses, mais quand ils par-

laient de miasmes véhiculés par l'air, et notamment par l'air humide, et qui transportaient les épidémies au loin, ils voyaient clair, quelque fantaisiste qu'ait paru longtemps leur essai d'explication.

Celle que nous venons de résumer nous aide à comprendre bien des choses, mais elle ne saurait s'appliquer dans son intégrité à tous les cas. Un exemple typique de ce fait nous est donné par M. Rochaix, qui a étudié à ce point de vue les épidémies de méningite cérébro-spinale. Celles-ci sont dues à un microbe que l'on appelle méningocoque. Or, c'est un personnage délicat, qui ne saurait vivre dans les gouttelettes suspendues plus ou moins longtemps dans l'atmosphère. Il n'y trouverait pas la température qui lui convient. La transmission de la maladie d'homme malade à homme sain (et par malade il faut entendre aussi les porteurs de germes qui ne s'en doutent pas) se fait évidemment par contagion directe. Il n'empêche que l'humidité atmosphérique y joue un rôle important. Le transfert se fait d'autant plus aisément, d'une part, que l'air inhalé par l'individu sain est plus chargé d'humidité, celle-ci étant (ainsi que nous l'apprennent les cultures de laboratoire) une condition des plus favorables à la vie du germe. En outre, l'inhalation d'air humide provoque, comme l'a montré O'Connell, une très légère élévation de température qui convient à merveille au méningocoque, lequel prospère surtout aux environs de 38°. Ajoutons à cela la notion déjà exposée, suivant laquelle les microbes pénètrent avec facilité à travers les obstacles quand le milieu est chargé d'humidité, et nous arriverons à comprendre comment, déposé dans le nez et la gorge (le rhinopharynx, point de départ de tant d'infections générales), le microbe peut traverser les muqueuses et gagner d'autres régions où sa présence et sa pullulation deviennent particulièrement dangereuses, et notamment les méninges.

De ce fait que l'humidité de l'air, quand elle dépasse un certain point, est défavorable à la santé humaine et ceci à plusieurs points de vue, faut-il conclure que la pluie doive soulever également des craintes? Probablement non, et, contrairement à une opinion généralement admise, la pluie se solde par une purification de l'atmosphère. M. Rochaix, que j'ai déjà cité, rapporte les recherches de Remlinger d'où il résulte que l'évaporation des étendues d'eau dont le produit va constituer les nuages, lesquels à leur tour se résoudront tôt ou tard en pluie, ne fait pas monter, avec les vapeurs, les germes pathogènes qui peuvent se trouver dans cette eau lorsqu'elle est souillée. L'eau de pluie est donc exempte de microbes en elle-même. Mais en tombant sur la terre elle balaie l'air violemment et le purifie des microbes qu'il contient. Toutefois, il est bien certain que si après l'averse l'atmosphère est moins riche en germes qu'elle ne l'était auparavant, la chute de quantités appréciables d'eau crée un état d'humidité dans lequel nous retrouverons tous les inconvénients que nous avons signalés chemin faisant. De sorte que l'on se trouve en présence de deux phénomènes un peu contradictoires et qu'il est bien difficile de répondre de façon décisive à qui demande si la pluie est facteur de maladie ou non.

Il resterait, pour avoir passé en revue tous les aspects du problème, à étudier les brouillards et leur influence. Cela nous entraînerait trop loin, d'autant qu'il faudrait faire entre les divers brouillards une discrimination suivant qu'ils sont ou non chargés, en dehors de l'humidité, de substances plus ou moins toxiques. La question vaudrait d'être considérée spécialement.

Il reste donc, comme enseignement, que l'élévation du degré hygrométrique de l'air est une condition défavorable, d'une façon générale, à la santé des hommes. Un certain nombre de maladies y trouvent des facilités pour se répandre, tandis que l'union si fréquente de cette humidité avec le froid ou avec la pression barométrique en baisse nous rend plus sensibles aux atteintes du mal. Ainsi voyons-nous une fois de plus les recherches scientifiques les plus modernes corroborer les observations de la simple expérience humaine, tout en faisant progresser notre savoir en profondeur. Dans le domaine médical, il en est souvent ainsi.

Henri BOUQUET.

## § 2. — Sciences naturelles.

**La Protection de la faune et de la flore africaines et la Conférence internationale de Londres[1].**

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'action de l'homme blanc sur la faune et la flore des pays tropicaux n'a pas été particulièrement heureuse : il a beaucoup plus dévasté que protégé! Cette dévastation est apparue avec une telle intensité, dès 1900, que le Gouvernement britannique prit, à cette époque, l'initiative de réunir des plénipotentiaires des nations coloniales en vue de décider diverses mesures destinées à réglementer la chasse de l'éléphant et du rhinocéros en Afrique.

Cette convention, qui ne fut pas ratifiée eut au moins ce résultat d'attirer l'attention sur une question dont l'importance n'échappait désormais plus. Depuis cette date différentes mesures furent édictées, assez timidement, pour créer des réserves et mettre en vigueur des règlements de chasse, mais il faut attendre un tiers de siècle avant de constater l'unanimité des opinions sur ces questions. Examinons donc avec quelques détails les conclusions formulées à la suite des délibérations qui se sont poursuivies à la Conférence Internationale qui s'est tenue à Londres du 31 octobre au 8 novembre 1933, sur l'initiative du Gouvernement britannique et sous la présidence de lord Onslow, ancien ministre, vice-président de la Chambre des Lords.

La France avait délégué, pour la représenter, MM. Bourdelle, Gruvel et Aug. Chevalier, professeurs et G. Petit, sous-directeur de Laboratoire, au Muséum National d'Histoire Naturelle.

1. Aug. CHEVALIER : In *Bull. renseignements coloniaux*, publié par le Comité de l'Afrique française, n° 2, février 1934.

La Conférence arrêta un texte, établi en français et en anglais, portant « *Convention relative à la conservation de la faune et de la flore à l'état naturel* ». En voici, dans ses principaux considérants, l'économie, d'après l'étude si abondamment documentée du prof. Aug. Chevalier que nous avons citée.

Les Gouvernements contractants considèrent en premier lieu que la faune et la flore de certaines parties du monde sont, dans les conditions actuelles, en danger d'extinction ou de préjudice permanent et qu'il y a lieu d'établir un régime spécial pour leur conservation; ils considèrent également que cette conservation peut être réalisée le mieux en constituant des réserves naturelles, intégrales ou partielles.

Les mesures préconisées par la convention de Londres sont énoncées en 19 articles dont voici quelques-unes des dispositions principales.

*Protection de la faune africaine.* — Parmi les animaux en voie de disparition l'éléphant est incontestablement le plus « en vue ». Le nombre des éléphants ne dépasse pas, pour l'Afrique entière, quelques dizaines de milliers d'individus. Les rhinocéros, soit blancs, soit noirs pourraient également se compter, tellement les chasseurs en ont abattu depuis quelques années.

La constitution de réserves, si elle n'est faite que sur le papier et si elles ne sont pas gardées reste inopérante : la surveillance doit y être exercée réellement. On compte 115 à 120 réserves en Afrique. Il faut trouver une autre solution et on l'obtient par la création d'aires plus protégées que les réserves proprement dites, ce sont les *Parcs Nationaux.*

La Conférence de Londres a donné du Parc National la définition suivante : le Parc National désigne « une aire placée sous le contrôle public, dont les limites établies par l'autorité législative sont perpétuelles et qui a pour but la protection et la conservation de la vie animale sauvage et de la végétation primitive ainsi que des objets d'intérêt esthétique, géologique, préhistorique, au profit et pour la récréation et l'instruction du public. Dans ces aires la chasse, l'abatage ou la capture des animaux, l'abatage des arbres, l'arrachage des plantes sont interdits. La capture ou la récolte n'en sont permises que dans des buts scientifiques et sous la direction et le contrôle des autorités du Parc.

Il existe deux Parcs principaux en Afrique : le parc Krüger, au Transvaal et le parc Albert, au Congo belge.

Le parc Krüger a été créé en 1928 sur les confins de la Rhodésie du sud et du Mozambique; il comporte deux millions d'hectares, soit à peu près la superficie de quatre de nos départements français.

Des routes permettent d'y circuler en automobile sur 800 km. C'est là, comme le fait remarquer le prof. Chevalier « le plus beau rassemblement de grands mammifères qui existe sur la Terre ». On comptait, il y a trois ans, 100 éléphants, 10 rhinocéros noirs, 250 girafes, 200 hippopotames, 800 buffles, 400 à à 500 lions adultes, de nombreux zèbres, 120.000 antilopes.

Les touristes qui parcourent le parc peuvent constater que ces animaux, sauf les grands fauves, ne craignent pas la vue de l'homme; ils se laissent facilement approcher puisqu'ils n'ont pas à redouter d'être poursuivis.

Le Parc Albert englobe 315.000 hectares dans le massif du Kivu, qui comporte des pics volcaniques s'élevant à plus de 4.000 mètres. Il renferme 600 à 700 gorilles, 40 chimpanzés, 400 éléphants, 4.500 hippopotames, 45.000 cobus, 200 lions.

L'établissement des listes d'animaux que les contractants s'engagent désormais à protéger a donné lieu à des discussions des plus sérieuses. Deux listes ont été définitivement établies :

1° — Tableau A, 17 mammifères et 3 espèces d'oiseaux : le gorille, tous les lémuriens de Madagascar, l'antilope noire géante, l'okapi, le cerf d'Algérie, l'hippopotame de Liberia, le rhinocéros blanc, le bubale de l'Afrique du Nord, l'éléphant lorsque la défense pèse moins de 5 kg., le chevrotin aquatique, etc.;

2° — Tableau B, 13 mammifères et 7 espèces d'oiseaux, moins rares que ceux du tableau A.

Les gouvernements pourront toujours, lorsqu'ils le jugeront utile, protéger telle ou telle espèce animale menacée, même si elle ne figure pas à ces tableaux.

Après la clôture de la Conférence, l'attention fut encore ramenée sur ces questions lors de la réception solennelle, par l'African Society de Londres, du Prince Léopold de Belgique. Le Prince, devenu Roi de Belgique, prononça à cette occasion un discours d'une très haute portée où il rappelait les devoirs impérieux de l'homme vis-à-vis des biens dont il a la charge. « La protection des biens éternels dont nous sommes les détenteurs passagers et responsables revêt, disait-il, un caractère de grandeur dépassant les horizons humains... »

La flore réclame, elle aussi, protection. Rares sont les étendues de sylve primitive dans la forêt vierge africaine. L'homme noir et, après lui, l'homme blanc, ont brûlé et défriché d'immenses étendues d'arbres divers et de végétaux dont quelques-uns sont devenus rarissimes, lorsqu'ils ne sont pas détruits à tout jamais. Une convention fut donc proposée aux Gouvernements participants du Congrès de Londres; ceux-ci devront prendre des mesures conservatoires de la flore naturelle dans les réserves créées ou à créer pour la protection du gros gibier. La délégation française fut à même de citer onze réserves naturelles à Madagascar, créées par M. le Gouverneur général Olivier et placées sous le contrôle scientifique du Muséum national d'Histoire Naturelle, ce furent les premières réserves forestières coloniales.

Quelle conclusion donner à ces lignes sinon l'espoir que la Convention de Londres sera appliquée par tous dans son esprit et dans sa lettre! On parle de tourisme colonial : quel attrait n'offrent-ils pas aux voyageurs les Parcs Nationaux, les Réserves Forestières où sont conservés les spécimens les plus rares, les plus étranges comme les plus beaux de la faune et de la flore des tropiques!

M. R.

# UNE REMARQUABLE CONQUÊTE DE LA CHIMIE MODERNE : LE CAMPHRE DE SYNTHÈSE

« Aujourd'hui l'industrie du camphre synthétique a, par suite des améliorations apportées dans les méthodes de fabrication, remporté une victoire sans doute décisive ».

Vèzes, Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, et Dupont, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, ancien Directeur de l'Institut du Pin.

(*La Grande œuvre de la Chimie*, p. 188; Paris, 1929).

« L'industrie produit du camphre synthétique qui fait concurrence au produit naturel..... Les précédents nous montrent que, dans les duels de ce genre, la victoire est toujours restée au laboratoire ».

L. J. Simon, ancien Professeur de Chimie organique au Muséum d'Histoire naturelle.

(La *Revue du Mois*, t. IV, p. 560, 1907).

## AVANT-PROPOS

C'est un fait digne de remarque, mais malheureusement trop certain, que la plupart des pharmaciens et un trop grand nombre de chimistes ignorent, presque entièrement, tout ce qui a trait au camphre de synthèse. Il y aurait, cependant, le plus sérieux avantage à ce que tous connussent bien l'histoire de ce remarquable composé, jeune mais redoutable rival du produit naturel[1], car il constitue, pour le développement de l'admirable forêt landaise, un facteur économique important.

Cet article a précisément pour but de faire connaître, brièvement, mais d'une façon très suffisante, la fort instructive et curieuse histoire du camphre de synthèse, l'une des acquisitions les plus intéressantes et les plus typiques de la Chimie moderne.

## A) L'Essence de térébenthine, matière première pour la fabrication industrielle du camphre de synthèse.

Avant d'exposer les principes généraux de la synthèse industrielle du camphre[2], rassemblons quelques notions fondamentales sur l'essence de térébenthine, matière première à laquelle cette synthèse est indissolublement liée.

### *Les produits résineux de la forêt landaise*

Grâce aux opiniâtres et fructueux efforts de deux ingénieurs français des Ponts et Chaussées, Nicolas Brémontier et François Chambrelent, les Landes de Gascogne, autrefois marécageuses et malsaines, tristes et monotones, sont actuellement recouvertes de 840.000 hectares de magnifiques et productives forêts de Pin maritime (*Pinus maritima* L.)[1].

Cette pignada fournit en abondance, aux résiniers, un miel blanchâtre, d'odeur balsamique agréable, la *gemme*, oléorésine d'où l'on sépare, par distillation, après purification[2], le constituant liquide, l'essence de térébenthine, l'« aqua ardens » des anciens Romains, et le résidu solide, la *colophane*.

Or, l'essence de térébenthine constitue, précisément, l'unique matière première pour la fabrication du camphre de synthèse qu'elle est capable de fournir à la suite de multiples et délicates métamorphoses.

En raison de sa parfaite homogénéité (due à l'homogénéité de la forêt landaise elle-même, uniquement plantée en pins maritimes), l'essence de térébenthine française est une matière première de choix, d'une valeur marchande considérable[3] et, à juste titre, particulièrement recherchée par les industriels pour la fabrication du camphre artificiel.

1. Rappelons que le Camphre est extrait des racines, du tronc et des grosses branches du camphrier, *Laurus Camphora* L., bel arbre appartenant à la famille des Lauracées, fort abondant en Chine et dans certaines îles du Japon (particulièrement à Formose).

2. La synthèse totale du camphre a été réalisée, en 1903, par le chimiste finlandais Komppa. Cette synthèse, qui a permis d'établir définitivement la constitution chimique du camphre, si longtemps controversée, ne présente qu'un intérêt théorique. Il en est, de même, des diverses synthèses partielles, dont la première en date fut réalisée, en 1879, par le savant chimiste français Albin Haller.

1. « 100.000 hectares sur les dunes. Ces dernières forment, au bord de l'Océan Atlantique, un bourrelet d'une largeur maxima de 5 kilomètres et dont les plus hauts sommets atteignent 89 mètres de hauteur ;

743.000 hectares dispersés sur la lande, en massifs plus ou moins importants. Ces 743.000 hectares comprennent d'ailleurs approximativement 676.000 hectares de pins maritimes purs et 67.000 hectares de chênes plus ou moins mélangés de pins ».

Buffault (P.), Conservateur des Eaux et Forêts : « Les possibilités de la Forêt du Sud-Ouest » (*Bulletin de l'Institut du Pin*, n° 32 (2e Série), p. 172, 1932).

2. Cette opération, qui a pour but de séparer les impuretés et l'eau, porte le nom de *térébenthinage*, et la gemme purifiée est appelée *térébenthine*.

3. La production française en produits résineux (essence de térébenthine et colophane) est d'environ 20.000 tonnes par an, soit approximativement 25 % de la production mondiale, la France venant au deuxième rang (après les Etats-Unis). Les deux tiers sont destinés à l'exportation. Etats-Unis France et Espagne sont les seuls pays à la fois producteurs et exportateurs.

*Pinène et Nopinène.*

L'essence de térébenthine française est un mélange fort complexe qui, depuis bien longtemps, a suscité la sagacité des chercheurs. En la soumettant à de multiples et délicates distillations fractionnées (rendues nécessaires en raison du voisinage des points d'ébullition et de l'identité presque absolue des constituants), on constate qu'elle contient 90 % de produits légers (ou de tête), distillables en dessous de 170° et uniquement constitués par le mélange de deux terpènes, le *pinène* gauche ou l-pinène (63 %) et son frère jumeau le l-*nopinène* (27 %), et 10 % de produits lourds (ou de queue) : alcools, éthers, sesquiterpènes et leurs dérivés d'oxydation [1].

Or, parmi ces nombreux produits, seuls le pinène et le nopinène sont générateurs de camphre synthétique. Examinons donc la physionomie si spéciale de ces deux composés.

Ils appartiennent à l'important groupe des *hydrocarbures*, c'est-à-dire de ces nombreux composés dans la constitution desquels entrent uniquement du carbone et de l'hydrogène. Ce sont des *terpènes*, ou carbures d'hydrogène répondant à la formule $C^{10}H^{16}$. Constatons que cette formule est très voisine de celle du camphre, $C^{10}H^{16}O$, laquelle n'en diffère que par la présence d'un unique atome d'oxygène.

Il semble donc, au premier abord, qu'en fixant sur le pinène ou le nopinène cet atome d'oxygène manquant, on puisse, avec facilité, obtenir du camphre de synthèse. A la vérité, il n'en est rien. Mais il existe, fait essentiel, parmi les 150 composés ayant même formule brute $C^{10}H^{16}$ que le pinène et le nopinène, un hydrocarbure, le *camphène*, capable de fournir, par une oxydation directe

$$\underset{\text{Camphène}}{C^{10}H^{16}} + O = \underset{\text{Camphre}}{C^{10}H^{16}O}$$

le camphre artificiel.

Il existe également un autre composé, le *bornéol* (et son isomère, l'*isobornéol*) dont la formule $C^{10}H^{18}O$ ne diffère de celle du camphre que par deux atomes d'hydrogène supplémentaires et de celle des terpènes que par les éléments d'une molécule d'eau, capable, lui aussi, de fournir, par une oxydation ménagée, le camphre.

$$\underset{\text{Bornéol ou Isobornéol}}{C^{10}H^{18}O} + O = \underset{\text{Camphre}}{C^{10}H^{16}O} + H^2O$$

Or, pinène et nopinène sont susceptibles d'être transformés en camphène et en bornéol (ou en isobornéol).

Les points lumineux qui vont jalonner notre route sont donc trouvés. Examinons maintenant par quel processus, grâce à de multiples et fort importants travaux, cette série féconde de transformations a pu être réalisée.

### B) Comment l'industrie réalise la fabrication du camphre de synthèse [1]

Plusieurs voies, également remarquables, et qui, toutes, ont excité le zèle des chercheurs, nous permettront d'aboutir au camphre synthétique [2].

### Première voie: Où pinène et nopinène sont obligatoirement transformés en chlorure de bornyle et camphène.

***Du pinène et du nopinène au chlorure de bornyle.***

L'examen attentif de nos deux hydrocarbures, pinène et nopinène, va nous permettre de franchir une première étape.

---

1. Le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.), qui constitue d'immenses domaines forestiers en Sibérie, en Russie, en Allemagne, en Suède et en Norvège, fournit une essence riche en *d*-pinène et en *l*-nopinène, mais il est très rarement gemmé, car son habitat est situé dans des régions trop froides pour permettre à la gemme de couler.

Le Pin d'Alep (*Pinus alepensis* Mill.), qui croît en abondance sur toutes les côtes de la Mer Méditerranée (Grèce, Italie, Provence, Espagne, Algérie) fournit une essence dont le constituant terpénique unique est le pinène droit. Cette espèce de pin est, avec le Pin maritime, celle qui fournit les plus forts rendements en gemme des pins européens.

Les essences de térébenthine américaines proviennent de plusieurs espèces de pin, en particulier du Pin des marais (*Pinus palustris* Mill.) ou Longleaf pine, qui fournit une essence dextrogyre (*d*-pinène et *l*-nopinène) et du Pin glabre (*P. glabra* Walt.) ou Sprince pine, dont l'essence est lévogyre (*l*-pinène et *l*-nopinène). Les propriétés de ces essences sont très variables, en raison de leur origine très diverse, les différences observées portant non seulement sur le pouvoir rotatoire et les proportions des constituants, mais surtout même sur leur nature (essences à *d*-pinène ou à *l*-pinène, essences à *l*-pinène et à *l*-nopinène, essences sans pinènes : à limonène, à phellandrène, ou même sans terpène).

Les essences américaines sont, *en général*, dextrogyres. Elles sont, en effet, constituées par des *mélanges* où domine l'essence de Pin des marais.

1. La documentation, dans ce domaine, est des plus ardues, par suite de la multiplicité des brevets dont beaucoup sont d'une imprécision regrettable. Cf. en particulier : « Liste der Patente, betreffend Fabrikation von künstlichem Campher » (Ullmann : *Enzyklopädie der technischen Chemie*, 2e édit., t. III, p. 67 et suivantes, 1929).

2. C'est la firme américaine « *The Ampère-Electro-Chemical Co* » qui créa, en 1903, à Niagara Falls (Etat de New-York), la fabrication du camphre de synthèse.

Au point de vue mondial, la firme allemande Schering Kahlbaum A. G. est, en 1934, la plus grosse productrice de camphre synthétique.

Une seule Société française fabrique, actuellement, du camphre de synthèse, la firme « *Fabrique de Produits de Chimie organique* de Laire » (Usine de Calais).

Numérotation
*d*-pinène des atomes de carbone *d*-nopinène
(pinène et nopinène)

Constatons d'abord leur très grande ressemblance :

*a*) même structure bicyclique;

*b*) même liaison 6-8, le fameux « pont » du pinène et du nopinène, qui, doué d'une très grande labilité, va tantôt se dresser, tantôt s'abaisser au cours de la synthèse du camphre;

*c*) même présence d'une double liaison, ce signe distinctif des corps non saturés, se traduisant par la possibilité, pour ces deux terpènes, de fixer ou deux atomes d'hydrogène, ou deux atomes d'halogène, ou une molécule d'hydracide.

Ils fixent, en effet, avec grande facilité, comme l'a montré, au début du siècle dernier (1802), le pharmacien allemand Kindt [1], le gaz chlorhydrique sec, en fournissant *le même composé* solide à odeur de camphre [2], fort improprement baptisé *chlorhydrate de pinène.*

Mais, extrême plasticité de ces terpènes, cette simple fixation de gaz chlorhydrique a provoqué un regroupement d'atomes; le pont 6-8 s'est redressé, et, par suite, la structure moléculaire s'est profondément modifiée. De fait, le composé

Bornéol    Chlorure de bornyle

chloré obtenu n'est ni un dérivé du pinène, ni un dérivé du nopinène, mais l'éther chlorhydrique d'un alcool secondaire bicyclique, le *bornéol* $C^{10}H^{7}OH$, possédant une odeur de camphre

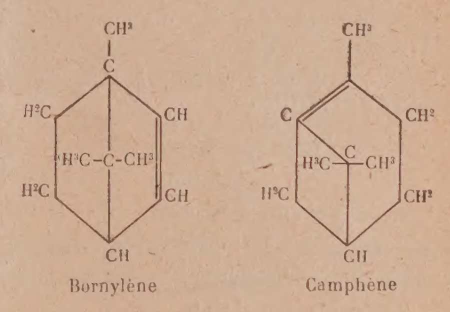
1. *Trommsdorfs Journ. der Pharm.* [2], t. XI, p. 132, 1804.

2. C'est un pharmacien français, Boullay, qui montra, en 1804, que le « Camphre de Kindt » n'était pas identique à celui fourni par le *Laurus Camphora* L. (*Ann. Ch. Phys.* [1], t. LI, p. 270, 1804).

un peu poivrée et présentant une étroite parenté avec le véritable camphre. Le faux chlorhydrate de pinène est, en réalité, du *chlorure de bornyle* [1].

### *Du chlorure de bornyle au camphène.*

Cette deuxième étape dans la synthèse du camphre nous réserve une nouvelle surprise. Si, comme l'a réalisé, en 1858, l'illustre Berthelot [2], on arrache à la molécule de chlorure de bornyle l'hydracide ClH qu'elle retient avec beaucoup d'énergie (cette élimination est, en effet, très pénible), un corps inattendu surgit, qui n'est ni le pinène, ni sa pseudo-forme le nopinène, ni le bornylène (l'hydrocarbure qui est au bornéol ce que l'éthylène $CH^2=CH^2$ est à l'alcool éthylique $CH^3CH^2OH$, et qui, normalement, devrait prendre naissance), mais le *camphène* [3], nouveau terpène de formule $C^{10}H^{16}$, véritable protée



Bornylène    Camphène

chimique, capable de telles transpositions atomiques (le pont 6-8, qui s'est à nouveau abaissé, possède une plus grande labilité grâce au voisinage immédiat de la liaison éthylénique), qu'un savant contemporain l'a dénommé le « caméléon organique » [4].

### *Du camphène au camphre par voie directe.*

Poursuivons notre chemin, et oxydons le camphène, retentissante expérience réalisée, en 1858, par Berthelot [5], en fixant l'oxygène libre avec le concours du noir de platine et magistralement reprise, en 1875, par le chimiste français Riban [6]

1. A partir de l'essence de térébenthine française, on obtient du chlorure de bornyle lévogyre ; l'essence de pin d'Alep fournit du chlorure de bornyle dextrogyre.

2. *C. R.*, t. LVII, p. 266, 1858.

3. Extrême complexité de ces migrations atomiques intramoléculaires, on obtient, suivant les réactifs utilisés, ou du camphène actif, ou du camphène inactif.

4. Cet hydrocarbure solide à odeur camphrée est abondamment répandu dans la nature. Sa forme gauche existe dans un grand nombre d'huiles essentielles (essences de citronnelle, de gingembre, etc.) et sa forme droite dans l'huile de camphre, ce liquide à odeur pénétrante que l'on obtient, en abondance, en même temps que le camphre, par distillation, avec de l'eau, des copeaux de camphrier.

5. *C. R*, t. XLVII, p. 266, 1858.

6. *Bull. Soc. chim.*, [2], t. XXIV, p. 17, 1875

en utilisant, cette fois, comme agent d'oxydation, le mélange sulfochromique :

$CH^3$ / C / $H^2C$ / $CHO-CO-R$ / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Camphène $\xrightarrow{+ H^2O}$ $CH^3$ / C / $H^2C$ / CHOH / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Camphre + R — COOH

Le pont 6-8 se redresse, la liaison éthylénique disparaît, et, par un prodigieux saut, les deux atomes d'hydrogène accolés au carbone 2 regagnent la position 6 qu'ils occupaient dans le pinène, en même temps qu'un atome d'oxygène se soude au carbone devenu libre. Un nouvel équilibre est réalisé, une fonction cétone a pris naissance ; la barrière qui séparait l'essence de térébenthine du camphre est franchie : la synthèse du camphre est réalisée.

*Pinène* + *Nopinène*
↓ + ClH
Chlorure de bornyle
↓ — ClH
Camphène
↓ + O
*Camphre*

La réalisation de cette réaction d'oxydation, théoriquement si élémentaire, a exigé des efforts considérables. Mais les progrès effectués ont, actuellement, rendu son industrialisation possible et très rémunératrice.

Une autre voie, plus longue, mais moins ingrate, va nous permettre de franchir le passage du camphène au camphre.

### *Du camphène au camphre par l'intermédiaire du bornéol.*

Cette voie nouvelle nous est offerte, grâce à une très importante découverte réalisée, en 1886, par deux chimistes français, Gustave Bouchardat et Jean Lafont[1]. Ces deux savants pharmaciens montrèrent que le camphène, ce terpène aux transformations si inattendues, était capable de fixer l'acide acétique en se transformant en éther acétique du bornéol ou *acétate de bornyle*[2]. De multiples travaux ont permis de généraliser la réaction en montrant la possibilité d'utiliser d'autres acides organiques (acides formique, benzoïque, etc.) et, par suite, la possibilité d'obtenir d'autres éthers bornyliques.

$CH^3$ / C / C / $CH^2$ / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Camphène $\xrightarrow{+R\ COOH}$ $CH^3$ / C / $H^2C$ / CHO - COR / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Ether bornylique

Or, tandis que le chlorure de bornyle, traité par un alcali, engendre, d'une façon inattendue, le camphène, à la suite d'une mystérieuse migration atomique, l'acétate de bornyle (et les autres éthers bornyliques analogues) fournit, dans les mêmes conditions, suivant une réaction cette fois fort normale, avec grande facilité et d'excellents rendements, le *bornéol*[1], cet alcool secondaire bicyclique qui présente, avec le camphre, corps cétonique, les mêmes étroites attaches et les mêmes liens de parenté que l'alcool isopropylique $CH^3$ — CHOH — $CH^3$ avec l'acétone $CH^3$ — CO — $CH^3$ [2].

$CH^3$ / C / $H^2C$ / CHOH / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Ether bornylique $\xrightarrow{+O}$ $CH^3$ / C / $H^2C$ / CO / $H^3C-C-CH^3$ / $H^2C$ / $CH^2$ / CH — Bornéol + $H^2O$

1. *C. R.*, t. CII, p. 171, 1886 ; *Bull. Soc. chim.* [II], t. VL, p. 164, 1886 ; *Ann. Ch. Phys.* [6], t. IX, p. 507, 1886.
2. Il y a production simultanée d'acétate d'isobornyle.

1. On obtient, en réalité, un mélange de *bornéol* et de son isomère stéréochimique, l'*isobornéol*. Le bornéol se convertissant en isobornéol avec une extrême facilité, et, réciproquement, l'isobornéol présentant une instabilité de même ordre, il y a toujours formation simultanée, dans les diverses réactions auxquelles on a recours pour réaliser la synthèse du camphre, soit des deux isomères, soit de leurs éthers-sels.

2. Bornéol et isobornéol existent sous les formes droite, gauche et racémique. Tandis que l'isobornéol n'a encore été rencontré que dans un produit naturel, l'essence de Genévrier élevé (*Juniperus excelsa* Webb.) le bornéol a été décelé dans de multiples huiles essentielles (les plantes à bornéol se rencontrent surtout parmi les Conifères, les Zingibéracées, les Labiées et les Composées) soit sous sa forme droite, soit sous sa forme gauche, soit même sous sa forme racémique. Ces bornéols se présentent à l'état libre ou à l'état d'éthers-sels (formiate, acétate, butyrate, isobutyrate, valérianate, isovalérianate, nonylate), les isomères droit et gauche étant généralement mélangés.

Pratiquement, on extrait le bornéol droit ou « Camphre de Bornéo » du « *Dryobalanops Camphora* » Coleb. (Diptérocarpacées), arbre se rencontrant dans les îles de Sumatra et de

Nous approchons du but : détachons, par oxydation, de la molécule de bornéol, deux atomes d'hydrogène, opération réalisée, en 1840, par le chimiste français PELOUZE [1] : une fonction cétone est créée et, nouvelle victoire, une deuxième synthèse du camphre est réalisée.

Bornéol $\xrightarrow{+O}$ Camphre

Le schéma suivant résume les différentes étapes qui viennent d'être franchies :

*Pinène* + *Nopinène*
↓ + ClH
Chlorure de bornyle
↓ — ClH
Camphène
↓ + R — COOH
Ethers bornylique et isobornylique
↓ Saponification
Bornéol et isobornéol
↓ Oxydation
*Camphre* [2]

**Deuxième voie: Où l'on passe obligatoirement par le stade Chlorure de bornyle, mais où le stade Camphène est supprimé.**

La synthèse du camphre peut être accélérée par la suppression de la phase camphénation. Grâce à des réactions mises en œuvre par BÉHAL [3], ancien Professeur à la Faculté de Pharmacie de Paris, et le chimiste DUBOSC [4], il est possible de réaliser le passage direct du chlorure de bornyle à un éther bornylique (formiate ou acétate), donc au bornéol [5].

Bornéo, et le bornéol gauche ou « Camphre de Ngai » de l'essence de *Blumea balsamifera* D. C. (Composées), petite plante croissant abondamment au Tonkin.

1. *C. R.*, t. XI, p. 365, 1840.
2. Cette méthode a été autrefois utilisée à Bonnières (Seine-et-Oise) par la Société française « *Le Camphre* », d'après les brevets des « *Fabriques baloises de produits chimiques* ».
3. Brevets français 349.896, 1904 ; et 361.978, 1905.
4. Brevet français 361.333, 1905.
5. Il y a surtout formation d'éthers isobornyliques, donc d'isobornéol.

En faisant réagir sur le chlorure de bornyle un sel organique : acétate de plomb (Béhal) ou formiate de sodium (Dubosc), l'atome de chlore est, en effet, remplacé par un reste acétique ou formique.

Chlorure de bornyle + HCOONa $\longrightarrow$ Formate de bornyle + ClNa

*Pinène* + *Nopinène*
↓ + ClH
Chlorure de bornyle
↓ HCOONa ou $(CH^3COO)^2Pb$
Ethers bornylique et isobornylique
↓ Saponification
Bornéol et isobornéol
↓ Oxydation
*Camphre*

**Troisième voie: Où les stades chlorure de bornyle et camphène sont supprimés.**

En vue de simplifier la fabrication du camphre de synthèse, la route du pinène et du nopinène au camphre étant jalonnée par une suite assez longue de réactions, bon nombre de méthodes ont été proposées pour supprimer les stades chlorure de bornyle et camphène. Cette importante modification consiste, dans tous les cas, à fixer directement, sur les deux terpènes, un acide organique, afin d'obtenir, sans le secours de réactions intermédiaires, un éther bornylique et isobornylique.

BOUCHARDAT et LAFONT [1] ont, en effet, signalé, en 1886, la remarquable propriété que possèdent les pinènes de fixer lentement, à chaud, les acides formique et acétique en fournissant les éthers bornyliques et isobornyliques correspondants [2]. De très nombreux acides ont été essayés depuis cette époque; certains ont donné lieu à des travaux très développés de la part de DELÉPINE, Professeur au Collège de France, et de ses collaborateurs.

1. *C. R.*, t. CII, p. 171 et 318, 1886 ; *Bull. Soc. ch.* [2], t. VL, p. 291 et 295, 1886.
2. Le nopinène était inconnu à cette époque, mais il présente la même particularité. Le *d*-pinène était alors dénommé « australène » et le *l*-pinène était appelé « térébenthène ».

Mais, par suite de l'extrême labilité des molécules du pinène et du nopinène, il se produit des transpositions d'atomes au cours de l'éthérification, se traduisant par la formation d'éthers d'autres alcools (fenchol et terpinéol); une partie importante de ces deux hydrocarbures est même transformée en limonène et dipentène, terpènes monocycliques incapables de fournir du camphre ultérieurement.

Les rendements, insuffisants avec les acides faibles (acides formique, acétique, etc.), sont, heureusement, améliorés par l'emploi d'acides plus forts, en particulier d'acide oxalique[1] sec et surtout d'acide tétrachloro-o-phtalique

$$CCl^4\begin{cases} COOH & (1) \\ COOH & (2) \end{cases}$$

composé obtenu par action du chlore sur l'acide o-phtalique[1]. Le trajet

*Pinène + Nopinène*
↓ Acides organiques
Ethers bornyliques et isobornyliques
↓ Saponification
Bornéol + Isobornéol
↓ Oxydation
*Camphre*

est donc pratiquement réalisable.

***Tableau résumant les diverses méthodes utilisées pour la fabrication industrielle du camphre de synthèse.***

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pinène + Nopinène* | → Chlorure de Bornyle | → Camphène | → | | *Camphre* |
| *Pinène + Nopinène* | → Chlorure de Bornyle | → Camphène | → Ethers bornyliques et isobornyliques | → Bornéol et Isobornéol | → *Camphre* |
| *Pinène + Nopinène* | → Chlorure de Bornyle | → Ethers bornyliques et isobornyliques | | → Bornéol et Isobornéol | → *Camphre* |
| *Pinène + Nopinène* | → | Ethers bornyliques et isobornyliques | | → Bornéol et Isobornéol | → *Camphre* |

C) Comparaison entre le camphre naturel et le camphre de synthèse

Cette comparaison sera vite établie, puisque le camphre naturel[2] et le camphre de synthèse présentent :

a) *les mêmes caractères organoleptiques :* transparence, onctuosité, odeur forte et pénétrante, saveur âcre et aromatique;

b) *les mêmes caractères physiques*[3] : densité, volatilité complète, tension de vapeur, constantes thermiques, solubilité dans les divers solvants, propriétés électriques et magnétiques, réfraction moléculaire;

c) *les mêmes propriétés chimiques :* Possesseurs d'une même fonction cétone, ils fournissent également une oxime, une amine, une imine, un dérivé nitrosé, une semi-carbazone et une hydrazone.

Par réduction, on obtient, de même, un mélange de bornéol et d'isobornéol.

Leur oxydation conduit successivement, par rupture de la chaîne cétone, aux acides camphorique, camphanique et camphoronique;

d) *les mêmes propriétés physiologiques :* le camphre de synthèse étant, au même titre que le camphre naturel, un excitant du système nerveux central, un puissant tonicardiaque, un anti-aphrodisiaque et un antiseptique.

Ils peuvent donc, indifféremment, être utilisés pour *les mêmes emplois :* fabrication du celluloïd, de la poudre sans fumée, des produits pharmaceutiques. Au même titre que le camphre naturel, le produit synthétique est inscrit à la Pharmacopée allemande depuis 1926[2] et à la Pharmacopée française depuis 1933[3].

1. Procédé Darrasse frères et Dupont ; Brevet français 509.680, 1919.
2. Procédé Haller et Freyss ; Brevet français 510.002, 1919.
3. Le camphre, comme le bornéol, existe dans la nature soit sous forme droite, soit sous forme gauche, soit sous forme racémique, cette dernière ne se rencontrant que d'une façon tout à fait exceptionnelle, l'isomère droit étant le plus fréquent. Les plantes à camphre droit appartiennent surtout aux familles des Lauracées, Labiées, Zingibéracées et Composées.
La seule source naturelle de camphre pratiquement exploitable et exploitée est le Camphrier.

1. Sauf le pouvoir rotatoire, le camphre synthétique étant, le plus souvent, racémique, alors que le produit extrait du bois de camphrier est toujours dextrogyre. Mais cette différence de propriété optique n'affecte aucune de ses applications.
2. *Deutsches Arzeneibuch*, p. 128, 6e édition, 1926.
3. Décret du 20 juillet 1933. La Pharmacopée française a réservé jusqu'ici le camphre synthétique pour la préparation des médicaments destinés à l'usage externe. La Pharmacopée allemande ne fait aucune différenciation et emploie indifféremment le camphre naturel et le camphre de synthèse pour la préparation des médicaments destinés à être pris à l'intérieur ou ceux réservés à l'usage externe.

### D) L'avenir du camphre de synthèse

Grâce aux progrès réalisés dans les méthodes de synthèse (les rendements industriels atteignent actuellement 80 % de la théorie)[1], le camphre artificiel lutte vigoureusement et avec un succès toujours croissant contre le produit fabriqué par la nature.

L'industrie du camphre synthétique, après des fortunes diverses[2], semble devoir remporter une victoire qui sera sans doute décisive. La synthèse de l'indigotine et celle de l'alizarine n'ont-elles pas obligé, après une lutte violente marquée de durs assauts, les producteurs indiens d'indigo et les cultivateurs français de garance à cesser leurs exploitations? L'industrie extractive des nitrates du Chili ne commence-t-elle pas à être battue en brèche par celle des produits azotés de synthèse? Un phénomène du même ordre, actuellement en pleine période d'évolution, s'accomplit, dont les facteurs sont le camphre naturel et le camphre de synthèse.

1. Vèzes et Dupont : *La Chimie et les Résines*, dans : *La Grande Œuvre de la Chimie*, p. 188 ; Paris, 1929.

2. En 1904, le gouvernement japonais érigeait en monopole d'Etat l'achat et la vente du camphre naturel. L'augmentation progressive des prix, suite logique occasionnée par l'établissement de ce monopole, obligea les industries consommatrices de camphre à se libérer de l'emprise nipponne, en fabriquant du camphre synthétique, qui ne tarda pas à faire concurrence au produit exotique. Afin de conserver son monopole, le gouvernement japonais répondit par une politique de dumping à outrance, qui lui permit, pendant plusieurs années, de résister à la concurrence des usines occidentales.

## CONCLUSIONS

Notre pays, grand producteur de produits résineux, est donc admirablement placé pour la fabrication du camphre synthétique. Cette dernière peut et doit devenir une branche importante de notre industrie nationale.

Que tous ceux qui travaillent aux progrès de la science chimique et au développement de ses applications, contribuent donc, par tous les moyens dont ils disposent, à implanter définitivement sur notre sol français une industrie créatrice de richesses.

**Eugène Cattelain,**
Assistant
à la Faculté de Pharmacie de Paris.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Cornubert (R.). — *Le Camphre et ses dérivés*, 1 volume i-424 p. ; Paris, 1933.

Dupont (G.). — *Les Essences de térébenthine*, 1 volume i-332 p. ; Paris, 1926.

Meyer (A.) : Le Camphre synthétique (Conférence faite à la Section lilloise de la Société chimique de France le 15 mars 1923). *Bull. Soc. chim.* [4], t. XXXV, p. 1-16, 1924.

Klimont (J.). — Der technisch-synthetische Campher ; Leipzig, 1921.

Ullmann (F.) et Cohn (G.). — Article *Campher*, dans : Ullmann (F.) : *Enzyklopädie der technischen Chemie*, 2e édit., t. III, p. 60 et suivantes; Berlin et Vienne, 1929.

# LES DERNIERS PROGRÈS DES MOTEURS D'AVIONS

## I

### Parachèvements et innovations.

Exception faite de l'apparition de nouveaux moteurs à injection à huile lourde et des dispositifs qui permettent d'employer des carburants de sécurité — et même le *gas-oil* — dans les moteurs ordinaires, les principaux progrès résident dans le *parachèvement* du moteur à explosion à *essence*.

Ces progrès sont d'ailleurs — presque tous — conditionnés par les progrès des produits métallurgiques, d'une part, et des essais, d'autre part.

Les essais constituent maintenant une véritable *auscultation* des organes, au cours ou à la suite d'essais prolongés en vol, ou dans des conditions équivalentes (chambres de dépression). L'étude des vibrations a été facilitée par des appareils mécaniques ou électro-mécaniques. Les méthodes de télévision peuvent être appliquées d'ailleurs à l'*observation stroboscopique* et à l'enregistrement des déplacements d'un objet, notamment des déplacements angulaires d'un arbre moteur, etc.[1].

Les *essais d'endurance* ont permis de vérifier les qualités vraiment utiles du métal et des pièces.

L'Elasticimétrie, particulièrement la *Photo-élasticimétrie*, donne le moyen de déterminer la distribution des contraintes élastiques en n'importe quelle section pleine ou évidée soumise à un système de charges données, statiques ou périodiques agissant dans son plan. Même il est possible d'avoir une idée des contraintes moyennes dans une pièce de forme quelconque, de sorte que pour ce qui concerne le *domaine élastique*, que l'ingénieur ne devrait jamais franchir, on a des moyens de déterminer les *formes optima* de n'importe quel organe[2].

Les tunnels aérodynamiques se sont multipliés et perfectionnés.

En poursuivant l'étude rationnelle et expérimentale du *groupe moteur-réducteur-propulseur*, on a pu déterminer, pour chaque organe, moteur et hélice, la *vitesse optimum*. Il en est résulté une augmentation de la puissance du moteur et un accroissement de l'efficacité du groupe moto-propulseur. Les *hélices métalliques* ont même reçu un dispositif qui permet de faire varier le pas pour le meilleur rendement.

La *suralimentation* assure un bon remplissage des cylindres et, dans une certaine mesure, la conservation de la puissance aux hautes altitudes. Cette suralimentation, d'abord obtenue à l'aide du turbo-compresseur utilisant l'énergie du gaz d'échappement, s'effectue maintenant le plus souvent par des compresseurs à commande mécanique.

Les progrès dans la conception s'accompagnent d'ailleurs de la perfection de l'usinage. La *nitruration* est venue augmenter considérablement la dureté superficielle des pièces frottantes, de sorte que l'usure des chemises de cylindres, par exemple, devient presque insignifiante. Les machines à *tailler les engrenages* réalisent mathématiquement, d'une manière pratique et sûre, les profils en développante de cercle qui réalisent la transmission parfaite des mouvements; cela est particulièrement avantageux dans les démultiplications entre moteur et hélice.

Tout *l'équipement* du moteur a été lui-même l'objet de perfectionnements incessants, tant au point de vue de la solidité des organes que de leur fonctionnement sûr, précis et de leur accessibilité. On tend, d'ailleurs, non seulement à faciliter le démontage et la visite de l'ensemble, moteur avec son équipement, à la suite de vols de plus ou moins longue durée, mais encore à permettre la visite *en vol*. Dans certains cas, on a été jusqu'à prévoir une véritable chambre des machines permettant d'isoler un des moteurs pour une réparation sommaire en vol, mais cela n'est pas encore entré dans la pratique. On peut, dans certains avions, accéder au moteur au cours d'une traversée pour donner quelques soins aux carburateurs et autres accessoires accessibles.

Les carburateurs et la carburation, le graissage, les dispositifs d'allumage, l'échappement, le contrôle à l'aide de thermomètres, compte-tours, jaugeurs à distance, etc. sont maintenant aussi parfaits qu'on peut le souhaiter.

La *vitesse* de croisière a pu augmenter avec la puissance, tandis que la *légèreté* s'affirmait, légèreté qui dépend, d'une part, du poids propre du moteur relativement à sa puissance, d'autre part, de la modération de la consommation au CV/h en essence et en huile. Dans certains moteurs de course permettant sur des trajets assez courts, des vitesses de l'ordre de 600 km. à l'heure, le poids par CV du moteur nu s'est abaissé jusqu'à 300 gr/CV, mais le poids normal d'un moteur d'avion reste voisin de 0,5 à 1 kg/CV.

Les *moteurs à refroidissement par air* sous forme de moteurs en étoile avec cylindres à

1. Cf. Brevet André Blondel.
2. Au laboratoire des Ponts et Chaussées où Mesnager créa cette nouvelle branche scientifique, M. Tesar fait d'utiles déterminations pour les avions et les moteurs.

ailettes, sont de plus en plus puissants. Les moteurs refroidis par l'eau restent généralement préférés, cependant, pour les puissances de l'ordre de 500 CV, qui sont normales sur les lignes aériennes.

Quoique la puissance des moteurs tende toujours vers l'accroissement, on revient à des moteurs moins puissants, de l'ordre de 80 à 100 CV seulement, pour l'*aviation de tourisme;* certaines personnes préconisent même des moteurs d'une trentaine de CV destinés à servir de moteurs auxiliaires à des planeurs normalement conçus pour le vol à voile.

Pour illustrer les progrès effectués depuis 17 ans, nous rapporterons le fait suivant. Ayant fait dépouiller en 1917, tous les livrets des avions en service à cette époque, sur le front et dans les écoles, nous avons pu établir des *courbes de mortalité* des moteurs, c'est-à-dire le nombre d'heures pendant lesquelles ces engins pouvaient fonctionner avant la première révision d'ensemble ou le premier accident. Nous avons constaté, à ce moment, que la vie moyenne d'un avion d'un certain type de moteur, tendait à diminuer au fur et à mesure qu'on augmentait la puissance en surcomprimant les cylindres. Cette méthode héroïque et barbare aurait finalement donné des moteurs dont la vie moyenne[1] n'eût été que de quelques heures. C'est par milliers d'heures maintenant que se chiffre la vie des moteurs employés sur les lignes aériennes. *Cette multiplication de la durée moyenne des engins est la marque la plus saisissante du progrès,* illustré d'ailleurs par les raids d'endurance et les voyages au long cours d'une seule traite.

***

Le progrès le plus désirable actuellement est celui qui consisterait à augmenter la *sécurité,* non seulement en assurant la *solidité* de tous les organes et le bon fonctionnement, ce qui est à peu près réalisé, mais encore *en évitant tout danger d'incendie* par l'emploi des carburants de sécurité ou mieux encore, d'huile lourde.

Avant d'examiner les questions d'essais et de matières premières qui ont permis toutes les dernières réalisations et les derniers records, nous donnerons une idée des principaux moteurs qui existent actuellement.

1. 50 % des moteurs duraient de 25 à 150 heures suivant le type.

## II

## Principaux moteurs en service.

Nous ne pouvons passer en revue toutes les constructions françaises et pour fixer les idées, nous nous bornerons à examiner celles des maisons : Gnome et Rhône, Salmson, Renault et Hispano Suiza.

*Fabrication Gnome et Rhône.* — Cette maison, qui fut célèbre par ses moteurs rotatifs[1], préconise surtout les moteurs fixes refroidis à l'air sans circulation d'eau. La gamme comprend une série de moteurs en étoile à 5, 7, 9 et 14 cylindres donnant des puissances comprises entre 220 et 780 CV, en ce qui concerne la puissance *nominale* au sol; et de 270 à 1.170 CV en ce qui concerne l'*équivalence de puissance au sol* pour des régimes de vitesse allant de 2.000 à 2.400 t./m. Le diamètre du moteur variant peu de 1,207 mètres à 1,299 mètres, sa longueur totale allant de 1,010 m. à 1,556 m. Les poids variant davantage de 212 à 523 kg. Ces moteurs sont, soit à prise directe, soit à réducteur de vitesse, on a alors le choix entre plusieurs rapports de réduction; ils sont alimentés normalement ou suralimentés pour établir la puissance voulue à une altitude déterminée : 1.500 ou 4.000 m.

Chaque cylindre est un tube d'acier terminé par une culasse à ailettes en alliage léger. Les moteurs à 14 cylindres forment une étoile double.

Le moteur à refroidissement à air le plus remarquable permet de disposer d'une puissance de 750 CV du sol jusqu'à 4.000 m. d'altitude; la suralimentation maximum donnant un équivalent de puissance au sol de 1.200 CV pour un poids de 528 kg. réducteur compris.

La distribution se fait à l'aide de deux soupapes par cylindre. Tout le dispositif est enfermé dans des carters étanches abondamment graissés. Toutes les surfaces extérieures sont émaillées ou chromées pour résister aux intempéries.

L'étude de ces moteurs a été poussée très loin à l'aide de l'enregistrement photographique des torsions[2] et des vibrations.

L'équilibrage *dynamique* des engrenages et autres pièces tournantes est assuré avec une grande précision.

Le *limiteur* automatique d'admission évite absolument de dépasser la puissance maximum permise à l'altitude où se trouve l'avion.

Le démarreur mécanique dont le fonctionnement est déclanché par une manivelle à main ou

1. *Les Moteurs*, par Ed. M. (A. Colin).
2. On pourrait y employer aussi les procédés de télévision signalés plus haut.

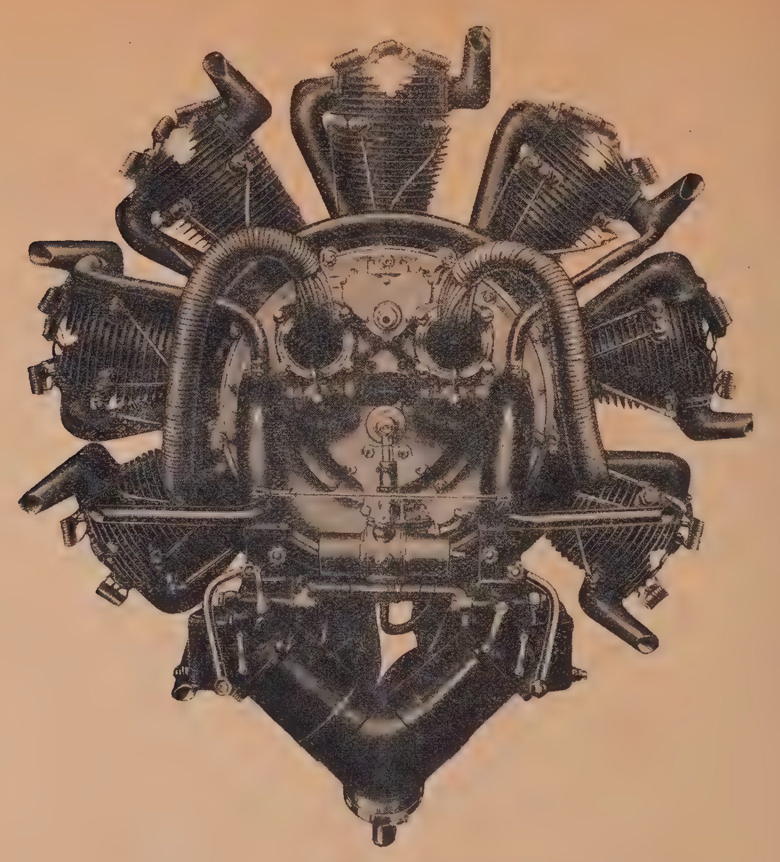


Fig. 1. — Moteur Salmson 18 AB-500 CV à refroidissement par l'air. Vue arrière.

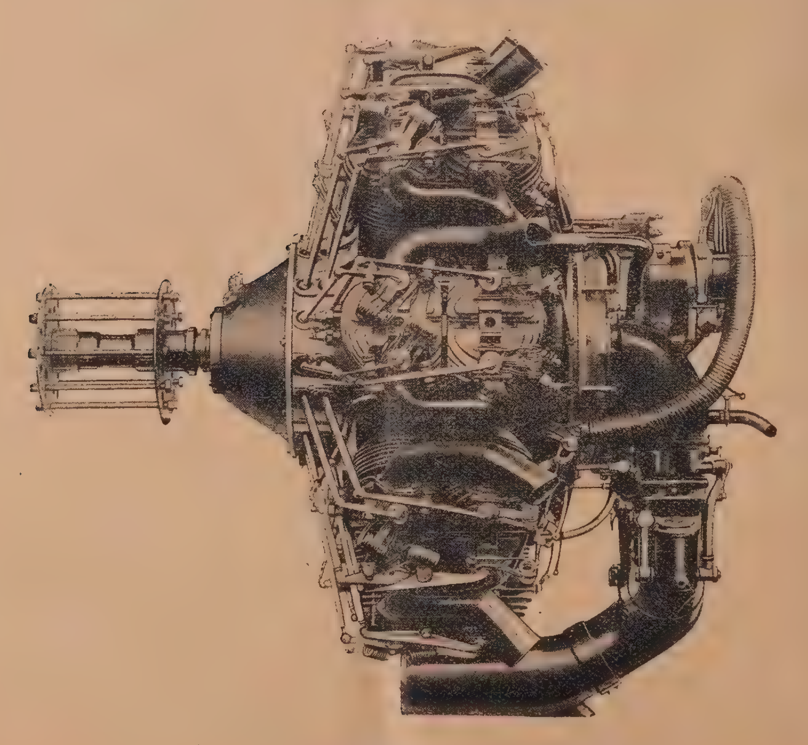


Fig. 1 *bis*. — Moteur Salmson 18 AB-500 CV. Profil gauche.

par un moteur électrique de faible puissance, est équipé avec une magnéto fortement multipliée donnant une étincelle très chaude à faible vitesse.

*Fabrication Salmson.* — Les moteurs Salmson présentent aussi une gamme étendue et intéressante de moteurs à refroidissement à air dont les figures 1 à 3 donnent des exemples.

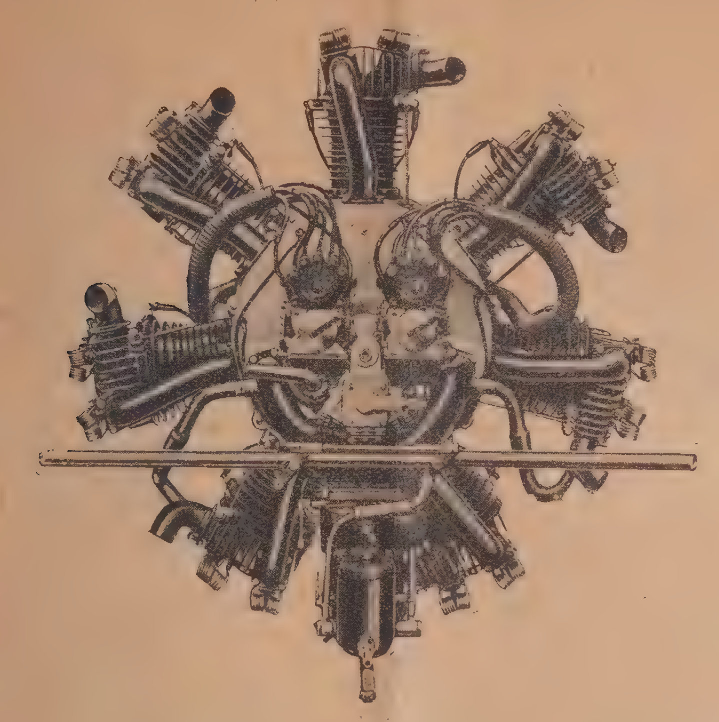


Fig. 2. — Moteur Salmson 7 ACa-105 CV à refroidissement par l'air. Vue arrière.

Enfin, il y a lieu de signaler les moyeux en acier spécial et les pales en alliage léger des hélices métalliques Gnome et Rhône.

Nous ne signalerons à propos de cette maison, que deux tentatives qui lui font honneur dans le but d'augmenter la sécurité contre l'incendie.

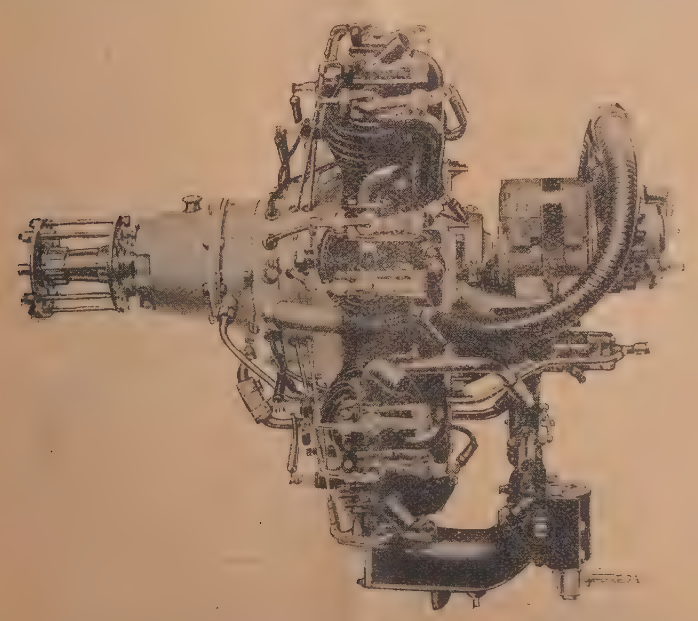


Fig. 3. — Moteur Salmson 9 ADR-60 CV à réducteur Salmson. Refroidissement par l'air.

D'une part, l'essai du moteur Salmson 9 CM, 260 CV à refroidissement par eau, qui a été utilisé par la Compagnie Air Union (toutes les compagnies aériennes françaises sont actuellement fusionnées) avec les carburants de sécurité Makhonine et Ferrier. Les résultats ont été encourageants.

Cette maison étudie, en outre, un moteur Szydlowsky à injection à huile lourde sur lequel nous reviendrons [1].

Les magnétos Salmson pour moteurs normaux à essence sont très intéressantes.

*Fabrication Renault.* — La maison Renault a réalisé un moteur de 100 CV à 4 cylindres *en ligne* refroidi par l'air dont la puissance au litre de cylindrée est 17 CV et le poids au CV 1,4 kg. La consommation d'essence par CV/h. est de 240 gr. la consommation d'huile, 7 gr. Ce moteur, vraiment remarquable pour sa faible puissance a permis un grand nombre de records sur avion ou sur hydravion légers.

Le moteur 120 CV comprend également 4 cylindres en ligne, mais ces cylindres sont *inversés* c'est-à-dire se présentent culasse en bas, arbre-moteur en haut. La puissance au litre de cylindrée est 21 CV et le poids au CV 1,12 kg. La consommation d'essence est la même que dans le cas précédent, mais la consommation d'huile est doublée.

Nous trouvons ensuite une gamme de 7 et 9 cylindres en étoile refroidis à l'air, allant de 100 à 350 CV et dont l'équivalent de puissance est de 117 à 435 CV pour un régime de 1.600 à 1.900 tours. Nous trouvons enfin une série de 12 cylindres en V à refroidissement par l'eau de 500 à 600 CV dont l'équivalent de puissance est de 507 à 700 CV; et enfin, le 18 cylindres en W démultiplié de 700 CV de puissance nominale, de 730 d'équivalent de puissance et dont le poids est de 645 kg., le régime étant de 2.050 à 1.630 t./m. Les moteurs à 12 cylindres, sont à prise directe, ou démultipliés. Deux des modèles comprennent un compresseur avec réducteur.

Les consommations d'essence restent les mêmes [2] pour la plupart des modèles.

La maison Renault fabrique, en grande série, des hélices dont le moyeu est en acier forgé et dont les pales sont fabriquées en duralumin par ébauchage, estampage et terminées sur machines à reproduire.

Ces moteurs sont construits à l'aide de métaux et d'alliages soigneusement choisis. La maison a fabriqué plus de 25.000 moteurs d'avions représentant plus de 10 millions de chevaux-vapeur. Les pièces sont coulées, forgées, usinées et assemblées dans les usines de Billancourt, lesquelles sont munies de dispositifs d'essais remarquables, notamment en ce qui concerne les traitements thermiques, l'équilibrage des vilebrequins et les salles d'essais à cabines closes et insonores.

*Fabrication Hispano-Suiza.* — La réputation des moteurs Hispano-Suiza s'est affirmée particulièrement dans une série de grands raids sur avions Bréguet, Bernard, Potez, Blériot et enfin Couzinet. Nous ne citerons que ceux accomplis en 1933 par Rossi et Codos sur Blériot, entre New-York et Rayack (Liban); Barberan et Collar, sur Bréguet, entre Séville et Camaguay (Cuba); Mermoz sur Couzinet, entre Paris, Dakar, Rio-de-Janeiro, Buenos-Ayres, et retour.

Rossi et Codos ont réussi, notamment, un raid d'environ 10.000 km. d'un seul vol. Le moteur examiné à l'arrivée, était encore en excellent état y compris même les bougies. La consommation totale de carburant avait été de 6.100 litres (de densité comprise entre 0,8 et 0,74) pour une durée totale de vol de 55 h. 30, soit 110 litres à l'heure y compris les pertes d'évaporation. La vitesse moyenne était de l'ordre de 180 km. et la consommation de l'ordre de 60 litres aux 100 km. Ce moteur 12 Mbr, 500 CV avait d'ailleurs déjà été utilisé sur le circuit d'Oran. Une fois démonté, visité, rodé, revu et nettoyé, il a pu équiper un avion Blériot partant pour la Russie.

L'essence était additionnée de benzol dans les conditions suivantes : 1.460 litres d'un mélange à 50 % de benzol ($d = 0,8$); 2.345 litres d'un mélange à 25 % de benzol ($d = 0,76$); 2.445 litres d'un mélange à 10 % de benzol ($d = 0,74$) et, en outre, 50 litres d'un mélange à 50 % dans une nourrice de secours. Ces mélanges étaient dosés de manière à permettre l'utilisation d'un combustible de plus en plus léger, à mesure que le poids de l'avion diminuait et que le moteur devait développer une puissance de moins en moins grande.



Le moteur Hispano le plus employé est le 500 CV à compresseur et à refroidissement par eau. On trouve aussi des moteurs plus puissants, le 650 CV dont trois exemplaires équipent l'avion de transport Couzinet 70. Dans l'avion de transport Wibault, on a préféré employer trois moteurs Hispano de 250 CV lesquels sont refroidis à l'air. La même formule est adoptée pour les avions de transport Bréguet 39 T et Dewoitine D.31. On trouve, en outre, des moteurs moins puissants à refroidissement à air.

1. En même temps que sur d'autres moteurs de ce genre.
2. La consommation de tous les moteurs à essence est de 220 à 240 grammes par cheval-heure.

Le moteur 650 CV à compresseur, développe[1], en réalité, 800 CV au sol, puissance portée à 860 CV à l'altitude de 4.000 mètres; plus haut, la puissance décroît lentement, pour s'abaisser à 400 CV à 9.500 mètres. Le régime du moteur est 2.400 t./m.; le régime de l'hélice, 1.600 t./m. Les 12 cylindres sont en V à 60°; l'alésage est 150 mm. et la course 170 mm.; la compression volumétrique est 5,8 et la cylindrée totale, 36 litres. Le poids du moteur complet, à vide, est 430 kg.

***

La Société Hispano-Suiza indique que la durée normale d'amortissement d'un de ses moteurs sur les lignes de transport peut être fixée à 2.000 heures, les révisions pouvant être raisonnablement espacées de 500 heures en 500 heures.

Le dernier moteur est le 12 X.B.R.S. à compresseur et à réducteur dont le poids total ne dépasse pas 370 kg. et qui peut tourner à 2.600 t./m. et même davantage, en développant des puissances de 680 à 700 CV; il a permis des montées à 10.000 m. en 25 minutes, des vitesses horaires de 375 km. à 5.000 mètres, et des plafonds de 11.000 mètres à pleine charge.

La Société Hispano a fabriqué, également, des moteurs de 575 CV, refroidis par l'air, à l'aide desquels le trimoteur Dewoitine a dépassé la vitesse de 300 km. à l'heure.

Un nouveau moteur avec réducteur et compresseur atteint une puissance de 860 CV à 4.000 mètres d'altitude. Le poids total étant de 430 kg., le poids au CV/h. de puissance nominale à 4.000 mètres est inférieur à 500 gr. Ce moteur équipe des avions militaires français et tchécoslovaques.

***

En résumé, les fabrications Hispano comprennent :

*a*) Les moteurs refroidis par liquide et démultipliés dans le rapport 2/3; tous ces moteurs sont à 12 cylindres; les uns, normaux, ont des puissances nominales de 500 à 800 CV et consomment environ 225 gr. d'essence au CV/h.; les autres, sont suralimentés et développent des puissances nominales de 690 à 900 CV, de 4.500 à 2.000 mètres d'altitude, les équivalents de puissance relatifs étant théoriquement de 1.160 à 1.120 CV; la consommation d'essence étant de l'ordre de 245 gr. par CV/h., puissance nominale; le poids total, à vide, rapporté au CV, de tous ces moteurs, oscille entre 555 gr. et 483 gr.;

1. Puissance mesurée au frein sur le banc d'essais.

*b*) Les moteurs refroidis à l'air comportant, en général, 9 cylindres en étoile; le régime normal 1.900 à 2.200 t./m. est un peu inférieur au régime des moteurs refroidis par eau. Les puissances vont de 150 CV à 650 CV tandis que le poids au CV descend de 1.028 gr. à 623 gr. Ces moteurs peuvent être démultipliés, le 9 VRS. étant, en outre, suralimenté.

III

**Moteurs à injection d'huile lourde.**

L'emploi d'huile lourde dans les moteurs d'aviation libérerait le pilote et les passagers de la crainte de l'incendie. Il existe déjà un certain nombre de moteurs à injection d'huile lourde, qui ont volé. Citons, en France, le Clerget; en Angleterre, Beardmore; aux Etats-Unis, le Packard; toutefois, aucun de ces moteurs n'est encore en service normal, ce qui semble indiquer que le parachèvement de cette fabrication n'est pas encore terminé. Il s'agit surtout de diminuer encore le poids et d'assurer une souplesse convenable.

Nous avons décrit dans notre cours des moteurs d'Aéronautique, un moteur rotatif Clerget. Supposons que ce moteur soit immobilisé; que le carburateur, la distribution des gaz et les soupapes soient remplacés par une tuyauterie d'huile lourde avec pompes et injecteurs, le problème est résolu. La pompe et l'injecteur donnent, en effet, le brouillard de *gas-oil* qui est introduit en temps opportun dans l'air comprimé par les cylindres; la propagation de la combustion, favorisée par la *turbulence* artificiellement donnée à l'air, est assez rapide pour assurer des vitesses de 1.600 à 2.000 t./m.

***

Tous les moteurs à injection ne sont pas des moteurs Diesel, comme on l'a dit parfois à tort, leur cycle est un *cycle mixte* à explosion et à combustion[1]; du moins un cycle qui tient des deux cycles Beau et Rochas et Diesel et dont le le diagramme ne comprenant, ni la caractéristique verticale ascendante du cycle Beau et Rochas, ni la caractéristique horizontale du cycle Diesel, peut se décomposer cependant en une branche ascendante et une branche horizontale, le tout arrondi.

Dans ces conditions, le rendement thermique est excellent et on peut combiner des moteurs qui, à compression maximum égale, donnent la puissance optimum, cela théoriquement.

1. Pour le rendement de ce cycle, voir *Les Moteurs à combustion*, par MARCOTTE (A. Colin).

Pratiquement, le problème est un peu plus difficile, à cause surtout des très faibles quantités de gas-oil qu'il s'agit d'injecter à chaque cycle, en un temps très court avec un degré de pulvérisation parfaitement déterminé. Le problème de la combustion parfaite et réglable est donc celui qui exerce surtout la science et la technique des ingénieurs.

*
**

Plusieurs maisons françaises s'intéressent à la réalisation pratique de ce problème. Citons la Compagnie Lilloise des moteurs qui s'attache à mettre au point une licence allemande Junkers comportant l'emploi de moteurs à cylindres opposés, dans lesquels la chambre de combustion est comprise entre les deux pistons à l'extrémité de leurs points morts. Cette formule, qui a donné les moteurs satisfaisants pour les camions automobiles, pourra peut-être résoudre le problème aéronautique.

**Dernière création française.**

La Société Provençale de Constructions Aéronautiques étudie actuellement la construction d'un moteur à deux temps et à deux pistons dans le même cylindre. La mise au point d'une pompe d'injection et d'une pompe de balayage permet d'espérer la réussite. Le réglage du débit de pétrole et l'avance à l'injection variable semblent réalisés à l'aide de la rotation du piston et de la pompe. Quant à la pompe à air de balayage, elle est du type rotatif à un seul rotor et à deux palettes non soumises à la force centrifuge; son rendement volumétrique atteint 90 %; son rendement mécanique, 70 %, cela pour une pression de 1,4 kg. à 4.200 t./m. de cette pompe.

*
**

Ces recherches, tentatives et réalisations sont fort intéressantes, mais nous estimons que la question d'alimentation des moteurs à l'aide de gas-oil ou, en général, d'huile beaucoup moins volatile que l'essence, pourrait être résolue à l'aide d'appareils qui permettraient de *conserver*, en grande partie tout au moins, *le dispositif général* adopté dans les moteurs à essence qui ont fourni tant de belles performances. On profiterait ainsi des mises au point successives et laborieuses dont ces moteurs ont été l'objet avant d'atteindre la perfection qu'ils ont actuellement.

*
**

Pour préciser le progrès des moteurs d'aviation à injection d'huile lourde (*gas-oil*), nous dirons que la perfection du brassage par *turbulence* assurant le mélange (air préalablement comprimé, et huile injectée) est telle : que le piston peut atteindre des vitesses de l'ordre de 10 m./s.; et que, grâce à des pressions effectives *moyennes* de 7 hectopièzes, le rendement est tel que l'on a 15 CV environ par litre de cylindrée, ou même davantage si l'on emploie un compresseur de suralimentation.

L'emploi de métaux légers et très résistants sous forme d'alliages traités a permis d'abaisser le poids par CV jusqu'à l'ordre de grandeur de 1 kg.

Mais le problème du réglage et de la souplesse n'est pas encore aussi bien résolu qu'on le souhaiterait.

IV

**Innovations dans la recherche des caractéristiques de la matière.**

Tous les progrès, surtout les progrès des moteurs, reposent sur la matière dont l'ingénieur dispose. La perfection de la matière ne peut se mesurer que par des essais, soit du métal lui-même, soit des organes qui le constituent.

Les essais d'endurance des moteurs, soit au point fixe, soit en vol, donnent un premier renseignement global, la tenue d'un organe dépendant aussi bien de sa forme que de son usinage et de sa matière première.

Il importe, avant tout, d'étudier la matière; parce que, de ses caractéristiques vont dépendre précisément les formes.

Les ingénieurs ne peuvent se guider sur les limites élastiques déterminées à l'état statique, ni sur les recherches concernant l'hystérésis mécanique des métaux; il faut qu'ils puissent connaître, d'une manière aussi précise que possible, le *domaine d'endurance*, c'est-à-dire le domaine en deçà duquel il n'y a aucune crainte de voir une pièce convenablement calculée se déformer d'une manière permanente et croissante.

En présence d'efforts statiques, il est assez facile de définir le domaine élastique. Il convient, toutefois, de remarquer que les éprouvettes d'essais telles qu'elles sont dessinées sont très imparfaites car les deux qualités indépendantes essentielles qu'il s'agit de mesurer, *cisaillement* et *cohésion*, ne peuvent être mesurées directement d'après les errements habituels.

Dans le domaine d'endurance d'ailleurs, nous sommes encore moins avancés, car la seule détermination pratique que nous puissions faire est la limite de fatigue en traction simple, définie par les *essais de flexion rotative*.

*
**

Cependant, sous l'impulsion de M. Caquot, les éprouvettes pour l'essai de fatigue ont été sensiblement améliorées. D'une part, les nouveaux tracés de l'éprouvette, tronc de cône en console dont la fatigue maximum est au milieu du corps, loin des appuis de l'application de la charge, assurent une zone de rupture où les contraintes sont parfaitement connues. M. Caquot a fait essayer, en outre, des éprouvettes filetées, percées ou renflées afin d'étudier l'effet de la discontinuité de forme. Enfin, pour diminuer le prix de revient des essais, une *éprouvette très petite* permet de multiplier les essais de réception. Ces éprouvettes sont particulièrement intéressantes pour l'étude de la réception des corps soudés.

Les essais modernes des métaux comprennent : l'analyse chimique; le traitement thermique; la résistance de traction; la dureté; la limite élastique; enfin, la limite d'endurance. Une machine de fatigue permet d'essayer à la fois 30 éprouvettes du nouveau type. La moindre strie longitudinale fausse le résultat; il faut donc que les éprouvettes d'essais soient usinées à la meule dans le sens longitudinal.

Tous les diagrammes de flexion rotative ont la même allure. Le logarithme du nombre possible des révolutions croît à peu près linéairement quand décroît la fatigue jusqu'au moment où la limite d'endurance étant atteinte, le nombre possible de révolutions est pratiquement infini. Le changement de direction du diagramme, changement qui définit la limite d'endurance, se place pour l'acier à 10 millions de cycles environ.

*L'endurance varie en sens inverse de la résilience.*

Les meilleurs résultats s'étagent entre l'*acier à 13 % de chrome, métal le plus endurant*, et l'acier à 13 % de manganèse, métal le plus résiliant.

Dans la zone intermédiaire, les meilleurs aciers actuellement connus sont ceux au *chrome-molybdène*. Ils dépassent les aciers au nickel-chrome, au nickel, au nickel-molybdène, et de très loin, les aciers au carbone les plus fins.

Dans l'essai d'endurance, le cycle varie entre deux valeurs égales mais de sens contraire, la contrainte moyenne étant nulle.

Si l'on effectue la même variation autour d'une contrainte non nulle, la limite d'endurance diminue, mais de peu, de sorte qu'on peut dire que *seule la charge variable importe, pourvu que la charge fixe ne soit pas trop élevée.* Donc, les méthodes de calculs des ingénieurs basés sur la valeur maximum seule de la contrainte, sont très imparfaites.

C'est pourquoi il convient de déterminer un domaine plus complet d'endurance en combinant les champs fixes et les champs variables, les contraintes pouvant dépendre d'un ou de plusieurs paramètres.

*
**

D'ores et déjà, on peut dire :

1° Que pour les organes de machines soumises à des efforts alternés, le *meilleur* acier ou le meilleur alliage n'est pas le plus résistant, ni le plus résiliant, mais *le plus endurant;*

2° Que les variations *brusques* de forme : courbures, trous, filetage, diminuent souvent *de plus de 2/3* la résistance d'une pièce aux efforts variables;

3° Que, même lentement appliqués et sans vibration, les efforts *alternés* entraînent la rupture des pièces sous des efforts *de 1,5 à 6 fois* plus faibles que les efforts statiques des essais de rupture;

4° Que ce rapport augmente d'autant plus vite, que les variations de forme sont brusques, l'influence de la forme est plus sensible d'ailleurs quand les métaux sont moins résiliants;

5° Que les efforts peuvent être décomposés en deux systèmes, l'un de grandeur constante, l'autre de grandeur variable entre deux valeurs égales mais de signe contraire; les déformations permanentes du système fixe ou constant peuvent conduire à une adaptation qui améliore les conditions de résistance de l'ensemble, car les tensions internes ainsi créées ont une influence très favorable sur cet ensemble.

Les efforts dits secondaires peuvent être compensés par adaptation cela pour le système fixe; leurs effets subsistent au contraire intégralement dans le système oscillant.

## V

## Applications aux aciers au nickel.

Pour fixer les idées et en nous inspirant d'une étude de M. l'Inspecteur Général Grard « Le nickel dans l'aviation »[1] nous allons examiner les

1. Numéro du 5 octobre 1930, *Revue du Nickel*.

applications du nickel et de ses alliages dans la technique aéronautique des moteurs.

*Aciers au nickel.* — Les aciers de cémentation (C inférieur ou égal à 0,12; Ni = 1,8 à 2,5) après trempe à l'eau à 850° donnent des aciers durs en surface et suffisamment résistants avec une limite de fatigue par flexion rotative assez remarquable de 35,4 kg.

L'acier de 4 à 6 % de Ni a une limite de fatigue de 44 kg.; on en fait des goujons d'assemblage.

L'acier à 23-25 % de Ni est amagnétique avec une excellente résistance à la fatigue.

*Aciers au nickel-chrome.* — Avec des teneurs ne dépassant pas 0,15 en C, variant entre 2,5 et 3 en Ni, et entre 0,5 et 0,9 en Cr, on a des aciers de cémentation convenant aux pièces soumises à de grands efforts, à des chocs répétés et à forte usure (axe de piston, engrenages de toute nature, arbre à came, etc.). Leur traitement thermique, trempe à huile à 825-850° est aisé et leur cémentation très efficace. Ils peuvent donner :

$E = 80$ kg.;
$R = 120$ kg.;
$A = 8$ %;
$\rho = 8$ kg./cm$^2$;
$\Sigma = 50$ kg.;

avec une limite de fatigue atteignant parfois 50 kg. et une dureté minéralogique en surface de 780-800 Brinell.

Les engrenages, notamment les réducteurs d'hélices peuvent être en acier ayant au moins 4,2 de Ni; 0,6 de Cr et 0,12 de C, au maximum.

Les aciers mi-durs et durs et les aciers extra-durs, sont employés dans les moteurs; un progrès remarquable consiste à utiliser des aciers NiCr trempant à l'air lorsqu'ils ont été chauffés à 900°; ils sont très utilisés pour les vilebrequins et les embiellages. Cependant, il faut remarquer que leur limite de fatigue après revenu à 200°, ne dépasse guère le 1/3 de la limite élastique. C'est donc dans les pièces soumises à un effort statique important comme les boulons de bielles qu'on emploiera les aciers au NiCr auto-trempants.

*Aciers au nickel-molybdène.* — Le molybdène introduit dans les aciers nickel-chrome, supprime la fragilité, dite maladie de Krupp. Il suffit d'une addition de Mo généralement inférieure à 0,25 %. Dans les aciers à 4 % de Ni, une teneur en Mo inférieure à 0,65 augmente leur limite de fatigue qui parfois dépasse les 2/3 de la limite élastique. On fait ainsi des hélices forgées (Levasseur).

*Aciers au chrome-nickel austénitiques.* — (Aciers 18,8). Ces aciers, appelés improprement inoxydables, contiennent 18 à 20 % de Cr et 8 à 10 % de Ni.

On peut modifier considérablement leurs caractéristiques par un traitement métallurgique et obtenir, par exemple au lieu de $R = 90$ kg., $R_1 = 130$ et même $R_2 = 280$. C'est avec une résistance limitée à 130 kg., que l'acier 18,8 est employé dans les charpentes d'avions où il est assemblé le plus souvent par soudure électrique par points, car il ne subit, lors de cette opération, aucun changement de structure. On est arrivé à obtenir un rivetage correct; les rivets alourdissent d'ailleurs la construction.

C'est surtout dans la fabrication des soupapes d'échappement des moteurs que les austénites au Ni-Cr généralement additionnées de silicium et de tungstène ou même des deux éléments, ont donné de bons résultats. Il s'agit ici de résister à des températures élevées, à des chocs fréquents et à des actions corrosives énergiques dues à l'addition dans les carburants de composés organo-métalliques, comme le plomb tétraéthyle.

On emploie au moins quatre austénites; la Société Lorraine fait subir, en outre, aux soupapes, un traitement de durcissement électrique. L'étude de ces aciers dans les conditions de hautes températures où on les emploie, n'est d'ailleurs qu'ébauchée. Les aciers austénitiques à 18 % de Cr et 14 % de Ni (Pilling) semblent avoir une meilleure stabilité à chaud et une très haute résistance à la corrosion.

*Aciers de nitruration.* — L'acier type de nitruration contient 1,5 % de Cr et 1 % de Al. Si l'on ajoute du nickel, l'acier devient tellement fragile qu'il faut ajouter aussi du molybdène pour améliorer la résistance. Les aciers au Ni-Cr-Mo-Al de nitruration, n'ont pas encore reçu, en Aéronautique, les applications qu'ils ont ailleurs.

*Alliages légers au nickel.* — Le nickel ajouté aux alliages aluminium-cuivre donne des alliages qui conviennent à la fabrication des culasses de cylindres, des pistons, des carters et de diverses autres pièces fondues.

L'alliage Y (Cu = 3,5 à 4,5; Mg = 1,2 à 1,6; Ni = 2 à 2,5; Si = 0,6 à 1,51) est particulièrement employé en Angleterre. On utilise aussi un alliage assez voisin renfermant 8 % de cuivre et 1 % de nickel qui donne, après traitement thermique spécial, une résistance de 26 à 28 kg.

La maison Rolls Royce a mis au point des alliages (RR) contenant 1 à 1,3 de Ni et additionnés de titane (0,10 à 0,18) coulés en sable ou en

coquille ou forgés; ces derniers, après traitement, donnent : R = 37 kg., A = 8 %, avec une résistance à la fatigue de 14 à 15 kg.

*Alliages ultra-légers.* — L'alliage Mg-Al-Ni (Al = 8,5 Ni = 0,7) donne : E = 16,5 kg., R = 29,5 kg., A = 13 %; son inconvénient est la facilité avec laquelle il se corrode. Cependant, il est très employé, notamment pour des carters de moteurs.

*Fontes spéciales au nickel.* — On les emploie dans la fabrication des cylindres ou fourreaux de cylindres des moteurs à faible puissance. Une fonte contenant 4 % de Ni subit, par simple refroidissement dans le moule une trempe martinsitique et présente une dureté Brinell de 350 à 450. Après revenu d'une demi-heure à 620°, la dureté est de 300 environ. La structure est sorbitique-graphitique. Cette fonte, très dure, est également très résistante.

*Cupro-nickels.* — Ce sont des alliages ayant une teneur de 50 % de nickel au moins et une teneur en cuivre de l'ordre de 30 %. Il existe une série d'alliages auxquels on ajoute de l'étain et du silicium. On emploie notamment pour la fabrication des sièges de soupapes de moteurs d'aviation, le métal Monel additionné d'étain et de silicium.

*Nickel pur.* — Quoique le prix en soit élevé, la maison Potez a réalisé des pots d'échappement en nickel pur inoxydable et plus ductile que le cupro-nickel, généralement employé.

**Exemples de composition de divers moteurs modernes:**

*Moteur Potez 9 B.* — Ce moteur a équipé l'avion de la même maison, classé le premier à la Coupe Internationale Deutsch de la Meurthe (2.000 km. à 323 km. à l'heure). Tous les carters, sauf les carters centraux en alliage RR, sont en alliages ultra-légers de magnésium coulé.

Les cylindres comportent une culasse en alliage Y, des culbuteurs en acier à 6 % de Ni, des soupapes d'admission en acier au chrome-nickel auto-trempant, des soupapes d'échappement en acier austénitique au nickel, enfin des soupapes en acier cupro-nickel.

Dans l'attelage-moteur, nous voyons des pistons en alliage Y, des axes de piston en acier au chrome-nickel de cémentation, des segments en fonte douce ordinaire, des bielles en acier au chrome-nickel auto-trempant, des vilebrequins en acier au chrome-nickel mi-dur trempé à l'huile.

La distribution emploie des cames, des engrenages, des poussoirs en acier au chrome-nickel de cémentation. Les engrenages de commande du compresseur sont constitués de même.

*Moteur Hispano 12 M-br.* — C'est le moteur de l'avion Blériot avec lequel Rossi et Codos ont volé de New-York à Rayak en août 1930. Ce moteur renferme une grande proportion de pièces en acier à base de nickel.

VI

**L'avenir des moteurs d'aviation [1].**

Quoique les progrès des métaux et alliages conditionnent les perfectionnements des moteurs, il faut compter aussi sur des possibilités de modifications dans le cycle employé.

Les moteurs à injection d'huile lourde sont à l'ordre du jour, comme nous l'avons vu; il existe plusieurs types ayant accompli un nombre assez respectable de vols.

Si nous examinons les divers moteurs possibles, nous voyons que les seuls moteurs auxquels on puisse avoir recours sont les moteurs à *combustion interne* dans lesquels l'énergie thermique libérée est *intégralement* reçue par le fluide en évolution. Ces moteurs peuvent se classer ainsi :

a) *Moteurs à réactions statiques.* — Le fluide enfermé dans une enceinte à volume variable peut être considéré, cependant, comme étant en équilibre à chaque instant. Le travail du moteur est alors $\int pdv$; ainsi travaillent la plupart des moteurs usuels.

b) *Moteurs à action cinétique.* — C'est le cas des turbines dites à action, lesquelles n'ont pu être encore utilisées dans les moteurs.

c) *Moteurs à réactions dynamiques.* — C'est le cas des turbines à réactions. Quoique ces turbines n'aient pas encore été réalisées, le principe des propulseurs à réactions, dont M. Maurice Roy a donné une magistrale étude dans les publications techniques du Ministère de l'Air, semble fort intéressant. Il s'agit ici d'obtenir directement le travail sur des parois de tuyères non déformables, rigidement fixées à une sorte de projectile en translation par rapport à l'atmosphère. La force propulsive est immédiatement définie par la quantité de mouvement fournie à la masse gazeuse, évacuée vers l'arrière. La pression nécessaire pour assurer cette évacuation peut être

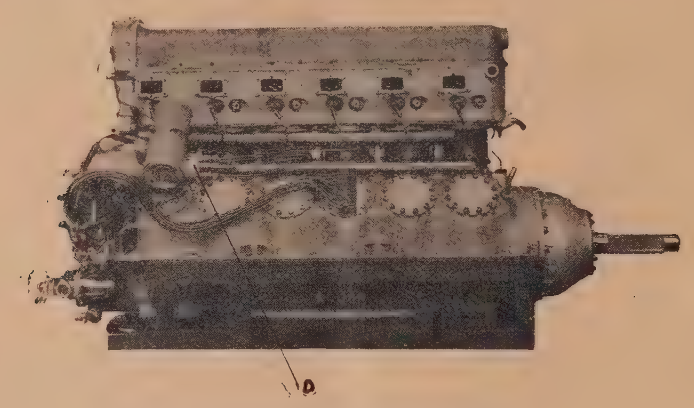
1. Cf. Conférence de M. VILLEY à la Société de Navigation aérienne, fév. 1934.

obtenue par l'apport de chaleur à l'intérieur d'un capsulisme. On pourrait d'ailleurs l'obtenir, sans doute, dans une simple tuyère librement ouverte ainsi que M. Leduc le propose et cherche d'ailleurs à le réaliser.

Les moteurs actuellement en usage sont uniquement : ou des *moteurs à explosion* de mélange préalablement constitué dans le cylindre; ou des *moteurs à combustion* spontanée par contact du combustible liquide pulvérisé avec l'air préalablement comprimé dans le piston.

L'injection d'un combustible liquide peut se faire par *succion* au cours de la phase d'aspiration des moteurs à explosion, mais ce procédé ne donne que des pulvérisations fort imparfaites et des condensations sur les parois, qui *ont fait échouer toutes les tentatives d'utilisation d'huile lourde de cette manière.* Les seuls dispositifs d'injection pratiques sont des pompes foulantes, celles qui travaillent avec les moteurs à combustion et exigent des pressions beaucoup plus élevées que carburation extérieure et de l'injection : le compresseur fournit une charge d'air carburé très riche qui se mélange avec la charge d'air pur aspiré par le piston du moteur. Il faut avoir soin de limiter la masse d'air utilisée dans le compresseur-carburateur, de manière à réaliser un mélange trop riche pour être inflammable dans cet appareil.

*Le procédé d'alimentation Rochefort*, qui injecte le liquide au niveau des ajutages où il est pulvérisé par des jets d'air préalablement carburés eux-mêmes dans le compresseur. Ce dernier procédé *mixte* permet d'obtenir des pulvérisations de gas-oil assez parfaites pour l'alimentation des moteurs à explosion. Ici, le compresseur est supprimé, c'est le cylindre-moteur lui-même au cours de la phase de compression, qui remplit cet office. Les divers cylindres communiquent entre eux par des soupapes qui ouvrent aux moments opportuns les ajutages de pulvérisation, avec un collecteur de pulvérisation commun rempli d'air carburé riche sous pression.




D, distributeur de combustible (Pompes à piston).

Fig. 4. — Moteur d'aviation pourvu du dispositif Rochefort.

celles qui travaillent avec les moteurs à explosion.

L'injection pneumatique conduit à des dispositifs de compresseurs lourds et encombrants, aussi lui préfère-t-on l'injection liquide ou injection mécanique pure.

Parmi les dispositifs tout nouveaux, on peut citer :

*Le procédé d'injection Jalbert*, dans lequel le combustible est injecté dans le compresseur lui-même; il s'agit ici plutôt d'une gazéification par compression que d'une pulvérisation mécanique, à tel point que celle-ci n'est plus nécessaire et qu'on peut supprimer la pompe à combustible. Ce procédé est, en réalité, une combinaison de la

Au début de la phase de compression, la soupape à injection laisse passer les gaz carburés du collecteur, qui se précipitent dans le cylindre en pulvérisant les liquides injectés, cela au niveau des ajutages. Mais comme la pression continue à monter dans le cylindre, l'écoulement inverse se produit bientôt rechargeant le collecteur d'une masse de gaz, normalement carburée, *juste égale* à celle qui est entrée dans le cylindre par la pulvérisation. On additionne ainsi les effets de la pulvérisation mécanique et de la carburation thermique par compression; on y ajoute d'ailleurs le brassage, extrêmement énergique, avec aller et retour dans les cylindres, facteur très important de la qualité de l'homogénéité du mélange.

⁂

Ce dispositif a été l'objet d'essais industriels prolongés par la Société des moteurs Lorraine.



Grâce aux cycles complexes et d'ailleurs à des alimentations mixtes aidées par des récupérations partielles de l'énergie des gaz d'échappement, qui peuvent être obtenus : par des *transvasements*, comme dans le système Rochefort; ou par des fractionnements, les ingénieurs peuvent exploiter le large champ ouvert encore aux possibilités de progrès.

Enfin, pour les très grandes vitesses de translation, les propulseurs à réactions dynamiques, cités plus haut, sont peut-être appelés à un grand succès à côté des moteurs proprement dits.



Actuellement, les deux points principaux sur lesquels portent les recherches techniques, sont :

*a*) La mise au point de moteurs alimentés par des combustibles présentant le moindre danger d'incendie;

*b*) Le perfectionnement de moteurs rotatifs légers et de faible puissance pour l'aviation de tourisme[1].

**Edmond Marcotte,**

Ingénieur-Conseil, Lauréat de l'Institut,
Professeur de moteurs d'Aéronautique à l'Ecole
des Travaux Publics,
Directeur de la Section des Essais physiques et mécaniques
à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

1. Les principes des moteurs rotatifs ont été développés dans notre livre : *Les Moteurs d'Aéronautique* (Eyrolles, édit.).

# BIBLIOGRAPHIE

## ANALYSES ET INDEX

### 1° Sciences mathématiques.

**Brown** (E. W.) et **Shook** (Clarence A.) — **Planetary Theory** (**La théorie planétaire**). — 1 *vol. in-16 de* XII-304 *p. avec fig. University Press, Cambridge*, 1933 (*Prix, relié ;* 15 *sh.*).

Le titre du volume peut tromper sur son contenu. En fait de *théorie planétaire,* nous n'y trouvons en effet que des procédés de calcul des orbites des planètes. La réflexion précédente n'est pas d'ailleurs pour diminuer la valeur de l'ouvrage; loin de là.

Tous ceux qui s'occupent de calculer l'orbite d'une planète soumise à des perturbations provenant de corps célestes plus ou moins voisins, savent la difficulté et surtout le nombre imposant de calculs à effectuer. M. Brown, dont on connaît les belles recherches théoriques sur ce sujet, a pensé rendre service aux calculateurs en groupant ses Mémoires antérieurs sur la question, dans un ouvrage un peu plus didactique. Après avoir rappelé les principes de la Mécanique céleste concernant le sujet : équations générales du mouvement, propriétés du mouvement elliptique, etc., l'auteur expose rapidement les méthodes employées jusque-là pour calculer une orbite en tenant compte des perturbations occasionnelles. Maintenant, voici, avec le chap. VII, la partie neuve de ce véritable Traité : MM. Brown et Shook montrent comment on arrive à des résultats aussi précis qu'on le désire en prenant comme variable indépendante, non le temps — à l'instar de leurs devanciers —, mais la longitude vraie sur l'orbite. Laplace et Plana, avaient bien eu la même idée en ce qui concerne l'étude des mouvements de la Lune, mais le procédé, qui se heurte à de grosses difficultés lorsqu'il s'agit de notre satellite, en raison du développement de la force perturbatrice, n'avait jamais été appliqué aux orbites planétaires. Dans le chapitre VIII, nous voyons également une application élégante de la théorie de la résonance à l'étude de cas particuliers rencontrés dans notre système solaire. Puis, joignant la pratique à la théorie, l'éminent astronome de la Yale University de New Haven applique les principes exposés à l'étude des mouvements des astéroïdes du groupe troyen.

Tous les calculateurs d'orbites sauront gré à M. Brown d'avoir réuni en un ouvrage, qui forme un véritable Traité de Mécanique céleste spéciale, une documentation de premier ordre, difficile à rechercher dans des revues éparses et destinée à rendre de signalés services à ceux qui jusqu'ici étaient astreints à se servir des méthodes classiques toujours très compliquées.

Th. MOREUX.

***

**Darmois** (G.): **Statistique et applications.** — 1 *vol. in-16 de* 200 *p. et* 32 *figures. Collection A. Colin*, 1934, (*Prix :* 10 fr. 50).

La statistique est un élément important de culture générale, tant dans ses principes que dans ses applications. M. Georges Darmois s'est efforcé de ressembler l'essentiel de cette science sous une forme qui ne fût pas encombrante. Il a voulu donner des méthodes, sans faire un ouvrage de statistique mathématique, montrer la vie et la substance des applications, sans faire une encyclopédie.

Il étudie un des cas les plus purs, celui de l'hybridation mendélienne; il signale des représentations de temps de réaction, de résultats biométriques, de mesures sur une fabrication en série. Il illustre, par l'étude de l'hérédité, la notion de liaisons entre variables aléatoires, et il signale les résultats de Galton et Pearson. Il indique comment se posait le problème des corrélations en psychologie, expose la célèbre théorie de Spearman, qui se présente comme un schéma explicatif emprunté à la théorie des probabilités.

Dans un chapitre spécial, il fait ressortir les difficultés particulières des problèmes où les phénomènes à mettre en relation se présentent dans le temps, les belles recherches de Hooker, de R.-A. Fisher sur la relation entre les récoltes et les conditions météorologiques, qui montrent bien quelle force nouvelle donnent les méthodes statistiques bien maniées, dans l'étude de ces questions complexes. Il termine par quelques réflexions générales sur la prévision et l'explication.

Son livre, d'une documentation savante et sûre, illustré de nombreux graphiques, est de nature à rendre les plus grands services aux spécialistes et à tous ceux également qu'intéresse l'avenir économique et social de notre pays.

R.

***

**Julia** (G.), — **Leçons sur la représentation conforme des aires multiplement connexes.** — 1 *vol. de* 93 *p. Gauthier-Villars, éditeur, Paris,* 1934 *(Prix, br. :* 28 *fr.). — Des Cahiers scientifiques publiés sous la direction de M. G. Julia.*

Ce fascicule résume les leçons faites à la Sorbonne au printemps 1931 et complète les leçons publiées déjà dans les « Cahiers » sur la représentation conforme des aires simplement connexes.

Après une brève introduction historique (chap. I) l'auteur met à la base de ses leçons la représentation conforme non-biunivoque d'une aire multiplement connexe sur un cercle et donne du théorème

fondamental d'existence la démonstration élémentaire de Kœbe (chap. II). L'étude détaillée (chap. III) de la fonction des représentations et de la correspondance entre frontières permet de traiter le problème de Dirichlet pour les aires multiplement connexes, en vue de la résolution des problèmes de Schottky-Kœbe et de Hilbert sur les représentations conformes biunivoques de ces aires, étudiés au chap. IV par les méthodes de Kœbe.

L'ouvrage s'achève par l'examen de nouveaux problèmes de représentation biunivoque introduits en 1930 par M. de la Vallée-Poussin. Cependant l'auteur n'a pu donner ici chap. IV et V que les principes de la méthode, les propriétés essentielles de σ et l'application des résultats aux aires triplement connexes.

Sans donc être un exposé complet de toutes les représentations conformes canoniques connues pour les aires multiplement connexes, le présent fascicule en donne toutefois de fort importantes et en tout cas les plus utiles. L'auteur compte y apporter d'ailleurs bientôt un complément.

L. P.

## 2° Sciences physiques.

**Brillouin (L.). — L'atome de Thomas-Fermi et la méthode du champ « self-consistent ».** — *Actualités scientifiques et industrielles.* N° 160. — *Une broch. de 47 p. Hermann et Cie, éditeurs.* (*Prix, br.* : 12 *fr.*).

Thomas et Fermi ont indiqué une méthode qui donne des renseignements sur la structure des atomes et permet d'évaluer la répartition moyenne des électrons autour du noyau.

L'atome de Thomas-Fermi a été utilisé par Hartree comme première étape dans la construction d'un champ self-consistent. Dirac a repris la question d'un point de vue théorique.

Ce sont ces démonstrations que M. Brillouin analyse ici de près. Il commence par rappeler la méthode de Thomas-Fermi qui prend comme point de départ la statistique de Fermi-Dirac appliquée aux électrons; il présente ensuite une déduction plus correcte de l'atome de Thomas-Fermi en le rattachant à la méthode du champ self-consistent.

L. P.

***

**Brillouin (L.). — Les champs « self-consistents » de Hartree et de Fock.** — *Actualités scientifiques et industrielles.* N° 159. — *Une broch. de 37 p. Hermann et Cie, éditeurs* (*Prix, br.* : 10 fr.).

Dans le fascicule 71 de ces exposés sur la théorie des quanta, l'auteur a déjà étudié la méthode du champ « self-consistent », en insistant sur le procédé de Hartree et en montrant qu'une approximation meilleure pouvait être obtenue par la méthode de Fock. Depuis M. Brillouin a constaté que Dirac et Fock ont perfectionné les procédés de calcul et les ont mis sous une autre forme assez maniable.

Il fait donc ici un exposé de cette méthode de Fock-Dirac d'autant que les mémoires originaux sont très concis et passent trop rapidement sur une série de difficultés relatives aux définitions initiales. Il insiste par suite sur les conventions adoptées qui diffèrent de celles que l'on trouve dans le fascicule 71. Les méthodes décrites sont importantes dans les problèmes comportant un grand nombre d'électrons. Les équations sont écrites ici sous une forme qui permet d'introduire toute autre loi que celle de Coulomb, ce qui pourra être utile aux chercheurs désireux d'utiliser cette méthode générale pour l'étude de la structure des noyaux atomiques.

Les mémoires de Heisenberg et Majorana s'appuient sur le travail de Dirac et sa présentation du champ self-consistent. C'est justement cette théorie générale qui fait l'objet de cet opuscule.

L. P.

***

**Findlay** (Alex.), Professeur de Chimie à l'Université d'Aberdeen. — **The spirit of Chemistry (L'esprit de la Chimie)**, 2e *éd.* — 1 *vol. in-8° de* XVI-510 *p. avec* 88 *fig. et portraits. Longmans, Green and C°, Londres,* 1934 (*Prix, relié :* 10 *sh.* 6 *d.*).

Nous avons déjà rendu compte de la 1re édition de cet ouvrage dans le n° de février 1931 de la *Revue*. L'apparition, dans un délai relativement court, d'une réimpression, puis d'une seconde édition montre combien ce volume a été apprécié dans les milieux anglo-saxons.

L'auteur réclame pour la Chimie le droit d'être un élément de culture générale. Elle fait appel à la fois à l'intelligence et à l'imagination de tous ceux qui ont quelque goût pour la science sans se destiner à une carrière scientifique. M. Findlay leur présente donc dans l'ordre historique les découvertes et les réalisations les plus importantes de la science chimique, en insistant sur les principes et les concepts fondamentaux qui s'en dégagent successivement. Il arrive ainsi à passer en revue, d'une façon claire et agréable, les faits essentiels de la chimie pure et appliquée.

Cet ouvrage mériterait d'être traduit en français, rien d'analogue n'ayant été publié dans cette langue, à notre connaissance.

L. Brunet.

***

**Kahane (E.). — Remarques sur l'analyse indirecte.** — *Actualités scientifiques et industrielles.* — *Une broch. de 46 p. Hermann et Cie* (*Prix, br* : 12 *fr.*).

Il s'agit ici du premier fascicule des Exposés de chimie analytique placés sous la direction de M. Jouniaux.

L'analyse quantitative d'un système consiste à déterminer les masses de chacun des constituants par des mesures de propriétés qui sont fonctions des

masses à doser. La méthode la plus répandue consiste à isoler chaque constituant. C'est ce que l'on appelle l'analyse directe qui utilise surtout les techniques gravimétriques. Une autre forme consiste à mesurer une propriété du système sans séparation préalable : ainsi opèrent les techniques volumétriques, colorimétriques, polarimétriques, etc. Les méthodes par différences appartiennent aussi à la catégorie des analyses directes.

Il arrive enfin que la propriété à mesurer appartienne à plusieurs constituants. Les déterminations ont une valeur globale; inutilisables isolément, elles permettent d'établir des équations dont la réduction fournit les résultats cherchés. C'est la méthode indirecte qui consiste donc à établir autant d'équations qu'il y a de corps distincts dont les propriétés ont été mesurées en commun. On ne s'adresse à la méthode indirecte que lorsque la séparation est presque impossible. Des méthodes nombreuses ont été proposées pour les halogènes, les métaux alcalins, les métaux alcalino-terreux, les terres rares, etc.

Les méthodes indirectes sont considérées comme un pis aller. Mais il y a souvent intérêt à les utiliser parce qu'elles simplifient de nombreuses techniques analytiques.

Un élément important de suspicion qui pèse sur l'analyse indirecte est la difficulté de rattacher l'approximation des résultats aux erreurs expérimentales, et les chimistes font d'ordinaire peu de calculs d'erreurs se fiant à leur sens critique fréquemment pourtant en défaut. Aussi dans ce fascicule, l'auteur s'est-il proposé d'abord (chapitre II) de montrer comment le calcul des erreurs peut donner des renseignements intéressants sur la valeur des différentes méthodes d'analyse indirecte et comment il permet de les comparer. Dans le chapitre III il est donné quelques exemples de calcul graphique de l'analyse indirecte. Au chapitre IV se trouvent réunies quelques observations concernant l'analyse indirecte des systèmes ternaires et enfin un V^e chapitre applique les observations à l'analyse polarimétrique.

Comme d'usage un index bibliographique achève le travail que liront avec grand intérêt tous les chimistes.

L. P.

***

**Kahane (E.). — L'action de l'acide perchlorique sur les matières organiques.** — *Actualités scientifiques et industrielles.* N^os 167 *et* 168. — *Hermann et Cie, éditeurs, Paris,* 1934.

I. **Généralités.** — *Une broch. de* 48 *p.* (*Prix :* 12 *fr.*).

L'acide perchlorique a joui, dès sa découverte, d'une détestable réputation. C'est que les chimistes ont oublié que les explosions observées par Stadion et Roscœ, d'une violence modérée, étaient provoquées exclusivement par l'acide anhydre et monohydraté. Aussi pendant près d'un siècle l'acide perchlorique est-il resté une curiosité du laboratoire malgré son application au dosage du magnésium par Schlœsing et le chimiste devait le préparer lui-même par la méthode de Schlœsing. Cette méthode sous la forme que lui a donnée en 1912 Willard sert à présent pour la préparation semi-industrielle de ce produit qui entre progressivement dans la pratique courante du laboratoire. De nombreuses applications en ont déjà été faites; mais les brochures qui lui seront consacrées dans cette collection se borneront à les signaler brièvement. On ne trouvera dans cette monographie que la description de techniques utilisant l'activité de l'acide perchlorique vis-à-vis de substances organiques et biologiques qui constituent la contribution de l'auteur à l'étude de ses applications. Le phénomène fondamental qui y est exploité est l'oxydation des substances organiques sous son influence et utilisé à une concentration voisine de celle du mélange aziotropique (72 %) à une température supérieure à 160°.

D'une façon générale, l'action de l'acide se manifeste par une sorte de cracking résolvant la molécule organique en molécules plus petites, facilement oxydables. Les applications de l'acide perchlorique sur les matières organiques concernent donc essentiellement leur destruction intégrale, leur « minéralisation » destinée à l'étude de leur composition élémentaire.

Les recherches de l'auteur ont été entreprises dans le laboratoire de MM. Lematte et Boinot et développées grâce au concours du professeur R. Fabre.

Les deux chapitres, objet du présent fascicule, concernent : le premier des généralités sur l'acide perchlorique, le deuxième sur la destruction même des matières organiques.

II. **Applications.** — *Une broch. de* 75 *p.* (*Prix :* 16 *fr.*).

Ce fascicule consacré aux applications comporte les chapitres suivants :

Chap. I^er, Applications à la chimie organique. L'attaque perchlorique des substances organiques peut être utilisée pour la recherche de tous les éléments, sauf du carbone de l'H., de l'O. et du Cl.

Chapitre II, Applications à la chimie biologique. La destruction des substances biologiques est un problème extrêmement important et c'est dans ce domaine que les techniques reposant sur l'emploi de l'acide perchlorique sont destinées à rendre le plus de services.

Chapitre III, Applications à la toxicologie. Du point de vue de l'analyse élémentaire, les problèmes de chimie biologique et toxicologique sont, en principe, identiques. Mais à l'examen, deux différences essentielles apparaissent : l'une concerne la dose de substance à rechercher et la dose de substances à traiter, l'autre résulte de l'importance sociale de la recherche toxicologique. Deux méthodes sont utilisées par les toxicologues : la méthode sulfo-nitrique et la méthode au chlore naissant. Mais ils continuent à rechercher la méthode de destruction intégrale, rapide, pratique, des matières organiques qui depuis 1841, année de laquelle date la méthode sulfurique de Flandin et Danger, ne paraît pas avoir été ren-

contrée. S'il est un domaine où l'acide perchlorique puisse rendre des services exceptionnels, c'est bien celui de la toxicologie.

Chapitre IV, Exemples d'application à la chimie industrielle; analyse des médicaments, substances alimentaires, dosage du soufre dans le caoutchouc et les charbons. Les qualités de l'acide perchlorique trop longtemps méconnues méritent d'être approfondies. De fructueuses observations peuvent résulter en particulier de l'étude du mécanisme par lequel il agit sur les substances organiques et les produits intermédiaires de la destruction. Les phénomènes observés jusqu'à présent à ce propos permettent tout juste de soupçonner l'intérêt du domaine à explorer. Une abondante bibliographie achève ce fascicule.

F. M.

## 3º Sciences naturelles.

**Atlas de France,** *planches de format* 50 *cm.* × 65 *cm.*, *publié par les* « Editions géographiques de France », 121, *boul. Saint-Michel, à Paris.* 5 *livraisons, comprenant* 20 *planches parues* (*Prix de souscription :* 40 *fr. par livraison de* 4 *pl. ;* 1 *livraison isolée,* 50 *fr.; une planche isolée* 20 *fr.*), 1934.

L'idée d'un Atlas national, conçue en 1871 en France par Delaunay, a été réalisée dans divers Etats européens, avant de l'être en France, où elle l'est aujourd'hui, même après des pays en grande partie peu développés économiquement comme le Canada.

Nous ne saurions mieux faire qu'énumérer les 20 planches parues, sur les 80 qui sont à paraître en 5 ans, ces 20 planches constituant 5 livraisons, sur 20 à paraître.

Les quatre premières planches concernent la densité de la population en 1931, dans *toutes* les communes de France (échelle 1 : 1.250.000e) : les teintes plus ou moins foncées font apparaître les régions à vie intense et les régions à vie ralentie; des faits peu connus apparaissent, comme le faible peuplement de l'Est du bassin parisien, la grande activité de montagnes comme les Vosges et le bord oriental du Massif central. Quatre autres planches (1 : 1.250.000e) représentent le relief du sol et montrent, avec une précision, qui n'a jamais été atteinte, les reliefs variés du sol français : montagnes à glaciers comme les Alpes, vieux massifs usés comme le Plateau central, plaines et collines du Nord et de l'Est. Une carte pour les richesses minérales concessibles, une autre pour les carrières principales, une autre pour le travail des métaux industriels. Passons sur les cartes : Mouvement de la population, Télécommunication, Industries textiles et arrêtons-nous un instant sur la carte des températures vraies. Cette carte, ou feuille, est une collection de petites cartes des températures moyennes de l'année et de quatre mois, suivant la méthode bien connue des isothermes. Mais nous n'avons ici qu'une idée très imparfaite des contrastes, car les lignes isothermes s'appuient sur des températures *réduites au niveau de la mer* : ces cartes sont dégagées de l'influence du relief du sol. Au contraire, une carte donne la répartition des températures *vraies* dans les Alpes françaises : c'est la géographie réelle de la chaleur; c'est encore le même sens qu'on doit attribuer à deux autres petites cartes représentant, l'une les époques de la feuillaison du chêne commun, l'autre celles de la moisson du blé. Crues, inondations, débits maxima : une carte. Divisions administratives : une carte. Variations de la densité de la population : une carte. Population étrangère : une carte.

L'examen de ce monument, on peut l'appeler ainsi, justifie son prix élevé. Il n'était pas possible de faire à peu de frais et le travail préparatoire, et le travail d'exécution, encore que ce dernier, où la gravure au burin d'autrefois est remplacée par des procédés mécaniques (report sur zinc de photographies de dessins soigneusement établis) soit beaucoup moins coûteux qui ne l'eût été autrefois.

Le prix a même été réduit au-dessous du prix de revient par des subventions que le Gouvernement a accordées.

Ainsi, on peut espérer une large diffusion de cet Atlas au moins dans les bibliothèques et les laboratoires.

J. B. M.

*
**

**Deffontaines** (P.) **L'homme et la forêt.** — *Gallimard, éditeur. Paris,* 1934.

Les 70 premières pages traitent de l'utilisation de la forêt dans des périodes anciennes de l'histoire : cueillette, chasse, le pacage des porcs et des chèvres et surtout la conquête et la destruction de la forêt par l'agriculture.

Pages 77 à 105 : La forêt et le combustible; les premières usines se construisant aux abords des forêts.

Habitants des pays forestiers construisant des objets en bois.

La deuxième partie du livre (p. 106-178) est consacrée aux usages et à l'exploitation plus modernes du bois : transport du bois pour l'exportation, constructions diverses.

L'Homme créateur de nouvelles forêts. Les Américains ont fait des expériences précises dans deux vallées voisines du Rio Grande supérieur de 80 hectares chacune, couvertes d'épiceas et de trembles. Après observations météorologiques, on déboisa l'une de ces vallées : le vent devint trois fois plus fort. Température et précipitations varièrent peu. Par contre très importantes conséquences hydrographiques du déboisement : les crues de printemps s'élevèrent de 50 % plus haut.

L'Homme a profité de dispositions géographiques : le col de Forêt (Saverne) mais inversement il a imposé à la nature des dispositions utiles : les « forêts de rives » (Garonne, Pô).

R. P.

***

**Prunières** (André). — **Madagascar et la crise.** — *Nouvelles éditions latines*, 21, *rue Servandoni*, (*Prix :* 25 *francs*).

Nous venons de lire avec intérêt le livre qu'a écrit M. André Prunières sur Madagascar et la crise.

Dans une première partie l'auteur brosse un tableau de la situation économique de notre possession de l'Océan Indien, en 1928, c'est-à-dire à la veille de la crise mondiale.

Il note dès cette époque certains indices de surproduction et de mévente des produits miniers et les dangers que représentaient les crédits abondants accordés souvent à la légère par de trop nombreux établissements de crédit.

La seconde partie est incontestablement la plus intéressante. A l'appui d'une étude de statistiques l'auteur montre la répercussion de la baisse des cours sur la plupart des produits malgaches puis il passe en revue les mesures défensives prises par le Gouvernement métropolitain et celui de la colonie. Il va jusqu'à publier un tableau fort intéressant où figurent les résultats d'exploitation des principales Sociétés anonymes au cours des cinq derniers exercices.

Ce livre donne une excellente idée de la situation actuelle de Madagascar. L'auteur s'est efforcé, en effet, de trancher impartialement entre les différents intérêts que soulèvent certaines questions délicates telles que la standardisation, le système des primes et la direction de l'économie par l'Administration.

Cet ouvrage présente peut-être un défaut : il est écrit trop tôt. Comment à l'heure actuelle faire la synthèse d'une crise qui, hélas, n'est pas encore terminée?

Il a néanmoins le mérite de condenser en un volume l'ensemble des opinions émises soit dans la presse officielle, soit dans les journaux de la colonie, soit dans les cercles s'intéressant aux questions coloniales. R. P.

***

**Bureau d'études géologiques et minières coloniales. Les ressources minérales de la France d'outre-mer.** — 2 *vol. de* 245 *et* 435 *pages.* — **I. Le charbon.** — **II. Le fer, le manganèse,** etc. — *Société d'Editions géographiques, maritimes et coloniales, éditeur. Paris,* 1934. (*Prix, broché :* 24 *et* 36 *fr.*).

Le Bureau d'Etudes géologiques et minières coloniales, poursuivant la réalisation d'un des buts qu'il s'était proposés lors de sa fondation, celui de mieux faire connaître les colonies françaises au double point de vue géologique et minier, présente les deux premiers tomes d'un ouvrage : « Les Ressources minérales de la France d'Outre-Mer ».

Cette publication est la suite naturelle du volume : « La géologie et les mines de la France d'Outre-Mer dont nous avons déjà rendu compte. Si, dans ce premier ouvrage, la partie géologique avait été particulièrement développée, la partie minière, plus condensée, avait été volontairement bornée à un inventaire des richesses du sous-sol de l'empire français, et à des indications sur leurs possibilités d'avenir.

Dans les deux volumes dont il s'agit aujourd'hui ces richesses sont étudiées d'une façon plus détaillée, tant au point de vue économique que descriptif. Chaque substance minérale est présentée séparément par la personne la plus qualifiée pour traiter de la question. Ces ouvrages sont donc, comme les précédents, le fruit d'une collaboration; mais les auteurs ayant bien voulu accepter de suivre un plan sensiblement constant, l'homogénéité est conservée. Ce plan, pour chaque matière est le suivant : caractères des minerais, formes sous lesquelles ils sont généralement rencontrés; gisements dans les colonies françaises, et gisements mondiaux; métallurgie, emplois; données statistiques relatives à la production, à la consommation, aux marchés et aux cours.

Le premier tome a paru fin 1933, et traite du charbon. Trois centres de production existent actuellement dans l'empire colonial français : en Algérie, au Maroc, et en Indochine. L'étude de ces centres fait l'objet de deux chapitres : l'un sur l'Afrique du Nord, par L. Clariond; l'autre sur l'Indochine, par F. Blondel. Dans un chapitre sur Madagascar, F. Blondel montre les possibilités de la Grande-Ile, dont le bassin houiller n'est pas encore en exploitation. L. Guillemot, enfin, consacre quelques pages aux gisements néo-calédoniens. De nombreuses esquisses géologiques, perspectives et coupes illustrent cet ouvrage dont l'utilisation est facilitée par des index géographiques et techniques.

Le deuxième tome des Ressources minérales de la France d'Outre-Mer qui vient de paraître, traite d'abord la question du minerai de fer dans le Nord africain; vient ensuite l'analyse des matières suivantes : manganèse, chrome, nickel, étain, tungstène, graphite, glucinium, molybdène, cobalt, titane, vanadium.

Les études réunies dans ces deux tomes ont été présentées par leurs auteurs dans une série de conférences données au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, au cours de l'hiver 1932-1933. Le cycle de ces conférences sera poursuivi pendant l'hiver 1933-1934. Il fera l'objet de deux nouveaux ouvrages consacrés aux produits miniers autres que ceux employés en sidérurgie (or, mica, phosphates, etc...) le second constituera l'introduction aux études minières coloniales.

Nous rappelons que les conférences du Muséum, organisées par les soins du Bureau d'études géologiques et minières coloniales, sont faites sous le haut patronage de M. A. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

L. P.

***

**Fron** (G.). — **Les Champignons parasites des plantes.** — 1 *vol.* 109 *pages. Le François, Paris,* 1934. (*Prix :* 20 *fr.*).

Jusqu'à présent le Naturaliste, le Botaniste et même le Spécialiste phytopathologiste, qui obs-

vaient des attaques de champignons parasites sur les plantes spontanées de la flore française, éprouvaient souvent de grandes difficultés à identifier l'espèce, voire même le genre du cryptogame phytopathogène.

Pour les Urédinées, ils pouvaient recourir à la monographie d'Hariot publiée dans l'Encyclopédie Scientifique, mais, pour d'autres champignons, ils devaient consulter des ouvrages monumentaux tels que le *Sylloge fongorum*, ou la publication plus récente d'Oudemans.

Sous un format tel qu'il a sa place dans la poche, en cours d'herborisation, le « *vade-mecum* du Mycologue » permettra de connaître rapidement à quel genre, et probablement à quelle espèce, appartient le parasite capable de causer les lésions observées sur tel ou tel phanérogame récolté.

Les indications bibliographiques ou de courts commentaires faisant connaître le degré d'intérêt qui s'attache à la récolte de certains échantillons rares ou peu connus, ne manqueront pas d'inciter les naturalistes à étendre leurs investigations dans un domaine, qui malgré son intérêt théorique et économique, paraît encore réservé à de trop rares spécialistes.

D'ailleurs, et c'est là un fait intéressant pour la Biogéographie, cet inventaire nous confirme que, sous leur apparente diversité, les maladies des plantes sont causées, pour la plupart : 1° par des Urédinées (surtout représentées par les *Puccinia* avec 33 espèces parasitant les Graminées, 104 espèces parasitant les autres Phanérogames, et par les *Uromyces :* 57 espèces; 2° par des Peronosporacées (45 espèces de *Peronospora*, 5 de *Plasmopara*, 4 ou 5 de *Phytophthora*); 3° par des Ustilaginées (une dizaine d'espèces d'*Entyloma* ou d'*Urocystis*), auxquels s'ajoutent quelques Ascomycètes, surtout des champignons des « Blancs » (une dizaine d'*Erysiphe*), quelques Imperfecti (une dizaine de *Septoria*) et enfin une vingtaine d'espèces de *Synchytrium*, dont une au moins est devenue inquiétante, celle qui cause la Galle verruqueuse de la Pomme de terre.

En résumé, grâce à M. Fron, la Phytopathologie de la Flore française doit devenir accessible à tous.

J. Dufrénoy.

***

**Rawlins** (Th. E ) — **Phytopathological and botanical research methods. (Méthodes de recherche en botanique et en pathologie végétale).** — 156 *p.*, 3 *fig. J. Wiley et Sons, New York*, 1933. (2 *dollars* 50).

La plupart des méthodes expérimentales employées en Pathologie végétale se rapportent : 1° aux méthodes d'examen microscopique; 2° à l'isolement, à la culture et à l'inoculation des germes pathogènes visibles (bactéries, champignons); 3° aux techniques récemment développées pour l'étude des virus affectant les plantes.

Après une discussion des méthodes d'obtention de coupes de tissus frais ou de tissus inclus dans la paraffine, l'auteur indique les méthodes de coloration qu'il a personnellement reconnu convenir plus particulièrement à la détection des microorganismes pathogènes dans les tissus de l'hôte, par exemple, la double coloration à la safranine et au bleu de picro-aniline.

Vingt-cinq pages consacrées à la microchimie donnent des instructions pratiques pour la détermination des indices de réfraction des cristaux sous le microscope polarisant, et pour l'identification des divers colloïdes cellulaires, avec indication du matériel botanique le plus favorable à la démonstration de tel ou tel effet biochimique des parasites.

Le chapitre III indique comment préparer les milieux de culture et déterminer leur *p*H, par les méthodes colorimétriques ou électrométriques.

L'importance de l'isolement d'une spore, ou d'une bactérie, pour l'obtention de cultures à partir d'un germe unique, apparaît de plus en plus grande pour les pathologistes, et l'auteur indique une méthode simple applicable dans tout laboratoire.

Le chapitre IV concerne les « maladies à virus » dont l'étude a plus particulièrement occupé l'auteur; enfin, sous le titre, l'Interprétation des résultats expérimentaux, l'auteur résume, dans les cinq dernières pages, les notions relatives à l'erreur probable et à la déviation étalon, indique le moyen de calculer ces valeurs pour une expérience de pathologie végétale.

Le volume, qui se termine par une liste de 960 références bibliographiques et par un index alphabétique des sujets traités, a sa place marquée dans tout laboratoire où sont étudiées les plantes, saines ou malades. J. Dufrénoy.

### 4° Art de l'Ingénieur.

**Dejean. — Etat actuel de l'essai de fragilité des métaux.** — 1 *vol. de* 203 *p. et* 61 *fig. Dunod, éd., Paris*, 1934 (*Prix, br, :* 20 *fr.*).

Trente années se sont écoulées depuis que les plus importants mémoires sur la fragilité de l'acier ont été réunis sur l'initiative de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale et c'est seulement depuis trois ou quatre ans que l'essai de flexion par choc sur barreau entaillé a commencé à s'introduire dans les cahiers des charges.

Adopté pour la première fois par les Services de l'Aéronautique française en 1918, cet essai est imposé maintenant par quelques grands consommateurs, tels que les Chemins de fer de l'Etat italien, et un type international de barreau d'entaille est en voie d'adoption.

M. Dejean, aidé par son assistant au Laboratoire des Essais mécaniques de l'Institut polytechnique de Grenoble, examine dans cet ouvrage les conditions de l'essai de fragilité, en interprète les résultats à travers ses imperfections actuelles et fait ressortir qu'il s'impose comme le meilleur critérium de la qualité des pièces d'acier préférablement à l'essai de pliage et même à l'essai de traction.

Cet ouvrage s'adresse aux directeurs et ingénieurs des entreprises métallurgiques, aux acheteurs de produits métallurgiques, aux techniciens des laboratoires d'essais, aux élèves ingénieurs. L. P.

# ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

### ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

*Séance du 19 Novembre 1934.*

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — M. **H. Schwerdtfeger** : *Remarques sur les matrices à formes linéaires.* — M. **D. Perepelkine** : *Sur les directions de courbure d'une $V_m$ dans $R_n$.* — M. **M. Haimovici** : *Sur quelques types de métriques de Finsler.* — M. **P. Vincensini** : *Systèmes cycliques déformables.* — M. **A. Toussaint** : *Contribution à l'étude de l'interaction-sol pour des ailes sustentatrices.* — MM. **R. Duchêne** et **J. Verdier**: *Effets qui résultent du cognement dans les moteurs.* Les auteurs ont reproduit des enregistrements identiques à ceux provoqués par le cognement en créant une percussion sous le diaphragme au moyen d'une masselotte lancée à vitesse connue. La percussion dans un cylindre de 100 mm. d'alésage, soumis à un cognement violent, apparaît assimilable à la chute d'un poids de 10 kg. tombant d'une hauteur de 60 cm. On voit l'inconvénient qu'il y a à soumettre les organes des moteurs à des efforts aussi violents. — M. **G. Durand** : *Sur l'application de la relation masse-luminosité au calcul des éléments orbitaux des étoiles doubles spectroscopiques.* L'application de la relation masse-luminosité aux étoiles doubles spectroscopiques dont on connaît l'orbite avec le rapport des masses et la parallaxe détermine entièrement les éléments du couple (masses et magnitudes des composantes, inclinaison, grands axes des orbites absolues) et en permet pratiquement le calcul.

2° SCIENCES PHYSIQUES. — M. **E. Mathias** : *La notion d'impureté dans les foudres globulaires nues.* L'auteur montre l'existence, dans les foudres globulaires, de deux sortes d'impuretés : une impureté bleue, dont la nature n'est pas précisée, et une impureté qui donne à ces foudres un blanc plus ou moins éclatant, et qui n'est autre que le fer. — MM. **Ny Tsi-Ze** et **Tsien Ling-Chao** : *Lois du dégagement de l'électricité par torsion dans les cristaux de quartz.* Les deux armatures extérieure et intérieure du cylindre creux de quartz dégagent des quantités d'électricité égales et de signes contraires. Un cristal de quartz dégage, sur son armature extérieure, de l'électricité positive quand on le tord dans le sens de sa rotation optique. — M. **Edm. Rouelle** : *Sur les régimes transitoires, à l'enclenchement d'un circuit oscillant comportant un noyau de fer.* L'auteur précise l'action des divers facteurs susceptibles de favoriser l'établissement de l'un des deux régimes permanents. — M. **G. Kravtzoff** : *Sur le comportement cathodique des sels organiques de cuivre.* Les sels organiques de cuivre, sauf quelques anomalies avec le formiate, se comportent électrochimiquement de la même manière que le sulfate de cuivre, avec cette seule différence qu'ils donneront d'autant plus de $Cu^2O$ que l'anion est plus faible. — M. **R. Lucas** : *Sur les phénomènes de mirage optique dus aux ondes élastiques.* — MM. **R. Freymann** et **A. Stieber** : *Effet de la température et des radiations visibles et infra-rouges sur la résistance électrique du bore.* Le bore, déjà sensible aux radiations voisines de 0,5 $\mu$, est particulièrement apte à déceler les radiations infra-rouges vers 0,85 $\mu$ par une diminution de sa résistance électrique. — M. **G. Déjardin** et Mlle **R. Schwégler** : *Luminescence excitée par le roulement du mercure dans une ampoule de verre renfermant du néon impur sous faible pression.* Cette luminescence donne un spectre présentant de très grandes analogies avec celui de l'aurore boréale. — MM. **F. Diénert** et **F. Villemaine** : *Contribution à l'étude des réactions photochimiques (action des acides phosphoreux et hypophosphoreux sur les sels d'uranyle).* — M. **Ed. Rencker** : *Etude dilatométrique de quelques verres ternaires silice-soude-alumine.* Le remplacement de la soude par l'alumine dans un verre entraîne une diminution du coefficient de dilatation ; celui de la silice par l'alumine, une légère diminution, sauf au delà de 20 °/₀ d'alumine, où il y a augmentation. — M. **F. Canac** : *Etude de la topographie de certaines surfaces d'après leur coefficient de diffusion lumineuse. Application à l'étude de la corrosion.* L'auteur montre comment on peut, par de simples mesures photométriques, déterminer la topographie moyenne d'une surface. Si celle-ci est corrodée par un liquide, les mesures de diffusion permettent de suivre les progrès de la corrosion, de discerner la forme des parties résistantes du solide et d'avoir ainsi une idée générale de sa structure. — MM. **W. Heller** et **M. Polanyi** : *Etudes quantitatives des réactions des atomes.* Les auteurs signalent une nouvelle relation, qui paraît d'une importance particulière au point de vue théorique du mécanisme des réactions : il y a un parallélisme entre la diminution de la force élastique agissante entre l'atome central et l'atome Hal (C.Cl, Si.Cl, etc...), telle qu'elle se calcule à l'aide des spectres Raman, et la diminution de leur inertie de réaction. — M. **I. Peychès** : *Spectre Raman de l'acide tartrique et des tartrates en solution dans l'eau.* — MM. **Eug. Darmois** et **Yeu Ki Heng** : *Sur la mesure de la force des acides.* Les auteurs proposent un procédé de mesure statique : diminution du pouvoir rotatoire des complexes de Biot-Gernez, sous l'influence d'une addition d'acide. Il donne des résultats d'accord avec ceux de la méthode au diazoacétate. — Mme **S. Allard** : *Propriétés magnétiques d'un radical libre : le xanthyl-α-naphtylméthyle.* La susceptibilité magnétique moléculaire de ce corps est $+ 10.720.10^{-7}$. Les degrés de dissociation calculés avec cette donnée sont : 0,78 pour la solution à 2,7 °/₀ et 0,94 pour la solution à 1 °/₀. — M. **L. Piaux** : *Spectre Raman de quelques dérivés du cyclopentène. Synthèse du Δ.1-benzylcyclopentène.* — Mlle **Bl. Gredy** : *Le cyclopentyl-3-propine-1 et quelques-uns de ses dérivés.* — MM. **G. Darzens** et **A. Lévy** : *Nouvelle méthode générale de synthèse d'acides tétrahydronaphtaléniques et de carbures naphtaléniques.* L'acide phénylcrotylacétique, préparé à

partir de l'éther phénylcrotylmaltonique, se cyclise sous l'action de $H^2SO^4$ à 85 % pour donner l'acide tétrahydrométhylnaphtalénique, F. 87°, que l'action de S ou Se transforme en α-méthylnaphtalène, F. 142°.

## ACADEMIE DES SCIENCES DE PRUSSE

### *Séance du 3 Mai 1934.*

M. **G. Kögel** : *Progrès dans la photographie des palimpsestes.* L'auteur utilise une lampe à vapeur de mercure en U pour courant alternatif, qui, à l'inverse des lampes ordinaires à courant continu, possède une plus grande sécurité de fonctionnement et fournit une plus grande quantité de lumière ultraviolette ; des deux côtés des tubes lumineux, il dispose un appareil de projection spectral ultraviolet. Suivant le nombre et l'angle des prismes, il est possible de concentrer sur une surface l'ensemble des rayons utilisés, ce qui permet de réduire notablement les temps d'exposition.

### *Séance du 17 Mai 1934.*

M. **H. Kneser** : *Le maximum du produit de deux polynômes.* Détermination explicite de la constante d'Aumann. — M. **H. Hasse** : *Sur les fonctions zêta congruentes.* — M. **H. Jonas** : *Extension de la transformation* $B_k$ *de Bianchi à certains systèmes doublement infinis d'hyperboloïdes congruents à une enveloppe et aux congruences normales qui leur sont liées.* — M. **Schlenk** : *Résultats d'essais biochimiques sur les vers à soie.*

### *Séance du 31 Mai 1934.*

M. **H. Ludendorff** : *Nouvelles recherches sur les modifications de forme de la couronne solaire.* Il y a, comme on sait, un rapport entre la forme de la couronne et la fréquence des taches solaires, mais ce rapport est beaucoup plus lâche qu'on ne le supposait. Par contre, il existe entre la forme de la couronne et l'activité des protubérances une liaison très étroite, qui peut être exprimée numériquement. — MM. **E. Justi** et **M. von Laue** : *Nouvelles transformations de phase chez des substances uniformes.* Les auteurs étudient les équilibres thermodynamiques de 2e espèce, tels qu'Ehrenfest les a définis, et qui sont à peine observables, et ils leur opposent les équilibres de 3e espèce, dont l'existence, spécialement aux basses températures, est déjà mise en évidence par de nombreux essais. Ils apportent de nouvelles observations concluantes sur l'oxygène qui, à 44° abs., présente un passage entre deux phases solides.

### *Séance du 7 Juin 1934.*

M. **H. Thomas** : *La réalisation d'une élévation de pression de 35 mm. par une irruption stratosphérique d'air froid sans participation de phénomènes troposphériques.* Ce cas a été mis en évidence par un enregistrement de ballon-sonde qui s'est élevé à une grande hauteur. Il est important pour notre connaissance des régions chaudes de haute pression. — M. **M. Hartmann** : *Nouveaux résultats expérimentaux sur la sexualité des organismes inférieurs.* Par colorations vitales, l'auteur a reconnu que dans la fusion de gamètes semblables de l'Algue brune *Ectocarpus* il s'assemble toujours deux gamètes de sexes différents. En effectuant des croisements d'espèces et de races de sexes séparés de diverses Chlamydomonades, il prouve également la capacité bisexuelle de chaque cellule ainsi que l'existence d'une sexualité relative, ce qui lui fournit les derniers chaînons encore hypothétiques d'une théorie générale de la sexualité. Enfin, il a pu produire expérimentalement chez les Champignons (Ascomycètes) à partir de formes hermaphrodites des lignées à sexes séparés héréditaires, dont l'hérédité montre différentes gradations du sexe.

L. Br.

## ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

### *Séances d'Octobre 1934*

### *(principales communications).*

1° Sciences mathématiques. — MM. **E. Guth** et **A. Haas** : *Sur les rapports entre la formule relativiste de la masse et la Mécanique classique.* Les auteurs montrent que la forme différentielle du théorème de la masse de l'énergie $d\ E_{cin} = c^2\, dm$, combinée simplement avec le postulat de l'existence formelle de l'équation canonique d'Hamilton $d\ E_{cin} = v\ d\ p$, suffit à déduire la relation $m = m_o/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, d'où l'on peut tirer la formule relativiste de la masse. Il en résulte que, de la seule Mécanique classique, on peut déduire que la masse doit dépendre principalement de la vitesse, tandis que l'adjonction des équations $d\ E_{cin} = vdp$ et $p = mv$ fixe la forme exacte de cette dépendance.

2° Sciences physiques. — M. **F. Rieder** : *Etudes avec la chambre de Wilson sur l'ultra-rayonnement à 2.300 m.* L'auteur a fait la statistique des électrons mis en liberté dans une chambre de Wilson au point de vue de leur énergie et du signe de leur charge. Il a observé des rayons corpusculaires lourds qui paraissent déclanchés par l'ultra-rayonnement. Leurs trajectoires seraient de 0,6 à 5,5 cm. à 15° C. sous 760 mm. de mercure. — M. **J. Harand** : *Utilisation de la température critique comme caractéristique microchimique* (voir Chronique dans un prochain numéro),

3° Sciences naturelles. — M. **R. Elber** : *Résultats géographiques et anthropologiques d'un voyage d'exploration dans la Guinée supérieure (Afrique occidentale).* L'auteur a exploré le nord et le nord-est du Liberia et les parties voisines de la Guinée française. En même temps qu'il rectifie de nombreuses données sur les systèmes montagneux et les fleuves de ce pays, il apporte des renseignements nouveaux sur les caractères anthropologiques et l'état sanitaire des populations qui l'habitent. — M. **F. Lauscher** : *Rapports entre la durée d'insolation et les sommes de rayonnement solaire valables pour toutes les zones de la Terre.* Pour établir une relation simple, valable pour presque toutes les latitudes, entre la durée possible de l'insolation et le total diurne du rayonnement solaire, l'auteur introduit le concept de « temps normatif du jour ». Celui-ci est de 0 à midi, de $t/T$ à $t$ heures de midi, où T est la durée

astronomique de la demi-journée en heures en tenant compte de l'action de la réfraction. Le rayonnement d'une surface parallèle à la surface terrestre est à tout moment proportionnel à $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$, où $h$ est la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, $\delta$ la déclinaison du soleil et $\varphi$ la latitude géographique. La possibilité apparaît de représenter aussi $\sin h$ pour toutes les époques de l'année et presque toutes les zones terrestres par une fonction simple de $t/T$, où les variables $\varphi$ et $\delta$ ne se présentent qu'en T ($\cos T = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$). La fonction même est très simple, soit pour la marche diurne normative de la composante verticale en dehors de l'atmosphère ($J_0 \sin h$) une fonction cosinus du temps normatif, et pour la courbe des sommes une fonction sinusoïdale. — M. **F. Lauscher** : *Rayonnement calorifique et rétrécissement de l'horizon. I. Méthode générale pour déduire le rayonnement de surfaces données.* L'auteur calcule d'abord le rayonnement d'une petite surface horizontale au point le plus profond d'un vallon dont l'horizon est régulièrement rétréci tout autour, puis d'une petite surface verticale dans les mêmes conditions, d'une petite surface au milieu d'un défilé, pour le sol entier du défilé, pour une petite surface de la paroi du défilé, pour toute la paroi. On peut ainsi calculer le rayonnement total d'un défilé ; il est égal à celui du plafond libre du défilé. — M. **J. Dagys** : *Sur les substances de croissance B dans les tissus embryonnaires et la sève des plantes* (v. Chronique dans un prochain numéro). — M. **Th. Pintner** : *Sur les phénomènes de développement dans la chaîne des Cestodes.* Tous les tissus des Cestodes sont caractérisés par une élasticité et une faculté d'extension extraordinaires, qui leur permettent de s'adapter au volume croissant du corps souvent sans former de nouveaux éléments, remplaçant ainsi la croissance réelle. Ces extensions simulent l'image de surfaces sans cellules. Elles ont une grande importance pour le développement des canaux. — M. **F. Werner** *Etude de la faune des îles de la mer Egée. I. Introduction et récit de voyage. II. Orthoptères.* L'auteur a exploré 25 îles de la Mer Egée, au point de vue de la répartition des Reptiles, Insectes et Arachnides. Il a trouvé 62 espèces d'Orthoptères, dont 2 nouvelles. Il signale les rapports orthoptérologiques de Samothrace avec la Thrace continentale et la présence d'espèces crétoises dans les Cyclades. — MM. **A. Pischinger** et **W. Hornik** : *Influence de sels neutres indifférents sur la coloration histologique substantive.* La coloration par le bleu de méthylène, pour un $pH = 4$, est renforcée par l'addition de $Na^2SO^4$ à la concentration de 1/20 à 1/50 norm. Une addition équivalente de $BaCl^2$ affaiblit, au contraire, la coloration. L'anion bivalent agit donc en sens contraire de l'ion H, le cation bivalent dans le même sens. Les cations Ca et Sr agissent comme Ba, Mg comme Na. En général, quand la concentration augmente, la coloration du noyau est d'abord affaiblie, puis celle du plasma.

L. Br.

*Le Gérant :* Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 1-35

# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLV DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 31 DÉCEMBRE 1934)

## I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### *Astronomie.*



### *Biologie générale.*



### *Botanique et Agronomie*



### *Chimie biologique.*



### *Chimie physique et générale.*



### *Géographie et Colonisation.*



### *Géologie et Paléontologie.*



### *Mathématiques.*



### *Mécanique et Génie civil.*



### *Météorologie et Physique du Globe.*



### *Nécrologie.*



### *Physiologie.*



### *Physique.*



*

## II. — ARTICLES ORIGINAUX

*Sciences diverses*



*Sciences médicales.*



*Zoologie.*



## III. — BIBLIOGRAPHIE

### 1° SCIENCES MATHEMATIQUES

*Mathématiques.*



*Mécanique générale et appliquée.*



*Astronomie et Géodésie.*



### 2° SCIENCES PHYSIQUES

*Physique.*

### Chimie.



## 3° SCIENCES NATURELLES

### Géographie.



### Météorologie et Physique du Globe.



### Géologie et Paléontologie.



### Botanique et Agronomie.



### Biologie générale.



### Zoologie.

### *Anatomie et Physiologie.*



### *Psychologie.*



## 4° SCIENCES MEDICALES

### *Médecine, Pathologie, Chirurgie.*



### *Hygiène et Thérapeutique.*



## 5° SCIENCES DIVERSES.

## ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

## CONTENUES DANS LE TOME XLV DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES [1]

### A



### B



### C



1. Les chiffres en **caractères gras** reportent aux articles originaux.

## D



## E

## F



## G



## H



## I



## J

## Q



## R



## S

## T



## U



## V



## Z

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]



[1] Les noms imprimés en **caractères gras** sont ceux des auteurs des articles originaux; les **chiffres gras** reportent à ces articles.

C

## G



## H

**N**



**O**



**P**

T



U



V



W

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE ET D'ÉDITION
1, RUE DE LA BERTAUCHE, SENS. — 2-35.